Н. М. Мамедов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ ЗНАНИЙ

БАКУ · 1979

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ И ПРАВА

Н. М. МАМЕДОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ ЗНАНИЙ

Издательство „Элм" Баку—1979

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Азербайджанской. ССР

Редактор: доктор философских наук профессор И. Б. НОВИК

Мамедов Низами Мустафа оглу

МОДЕЛЛЭЩДИРМЭ ВЭ БИЛИКЛЭРИК СИНТЕЗИ *(Рус дилиндэ)*

Издательство „Элм", 1979

$$M\frac{10508-000}{M-655-78}\ 11-78$$

ОТ РЕДАКТОРА[1]

XXV съезд КПСС подчеркнул необходимость усиления взаимосвязи общественных, естественных и технических наук[1].

В решении этой исключительно важной задачи весьма существенна роль такого познавательного приема, как моделирование.

В предлагаемой вниманию читателей книге молодого исследователя в области методологии науки Низами Мамедова анализируется широкий круг проблем, связанных с интегративной природой метода моделей. Последовательно и достаточно систематически автор выявляет узловые методологические вопросы синтеза знаний и значения интердисциплинарного метода моделей для дальнейшего развития этой важнейшей тенденции современного научного познания.

В начале своей работы автор дает характеристику общенаучной тенденции интеграции различных дисциплин под углом зрения методологии и аксиологии, затем в работе обсуждаются эвристические аспекты синтетических процессов в современной науке. На фоне анализа синтетических процессов в научном познании в работе разбираются вопросы универсальности и целостности метода моделей, интегративная функция моделирования во всех многообразных проявлениях этого познавательного приема.

Особое внимание автор совершенно справедливо уделяет роли моделей в анализе сложных систем.

В современном научном языке термин «модель», пожалуй, самый распространенный—мы встречаем его и в физике, и в языкознании, и в экологии, и в юриспруденции. Уже это обстоятельство определяет интерес специалистов самых различных областей науки к проблемати-

1 Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, стр. 213.

ке, исследуемой в работе Н. Мамедова. Но дело, конечно, не только в массовидности термина «модель» на современном этапе развития науки. Главное основание все растущего интереса к целостной методологии моделирования состоит в том, что усложняющийся характер объектов, с которыми приходится сталкиваться науке наших дней, объектов, выступающих в качестве систем, вынуждает человеческий разум искать пути разумного упрощения сложного.

Моделирование же в самом своем историческом развитии всегда выступало надежным инструментом аппроксимации. В силу этого моделирование в своих обобщенных формах входит в саму ткань стиля мышления современной науки. Там, где имеют дело с системами, там сталкиваются с моделями, в свою очередь средством реализации системных моделей служит интеграция различных научных систем и идей различных дисциплин.

Книга Н. Мамедова при небольшом объеме удачно систематизирует обширный материал, накопленный в ходе исследования интегративной роли моделирования, оригинальны соображения автора относительно применения моделей в деле гармонизации отношения современной техники к биосфере. Работу можно рекомендовать в качестве введения в современную методологию моделирования. Книга написана лаконичным, достаточно ясным языком. Она представляет интерес для самого широкого читателя.

Доктор философских наук, профессор
И. Новик

ВВЕДЕНИЕ

Синтез знаний, обусловленный внутренней логикой развития науки и потребностями практики, является существенной предпосылкой интенсивного роста научных исследований. Роль синтеза в научном познании особенно глубоко осознается в условиях современной научно-технической революции, когда отдельные науки, справляясь с локальными задачами, показывают неспособность порознь решать глобальные проблемы, вставшие перед человечеством. Осмысление современной экологической ситуации, познание явлений жизни, отображение основ мироздания в мысли, эффективная организация научных исследований — все это требует системно-синтетического подхода.

В последние годы появился ряд содержательных коллективных трудов, в той или иной мере раскрывающих особенности происходящих в науке интегративных процессов[1]

Следует особо отметить работы советских философов: II. А. Акчурина, В. С. Готта, Б. М. Кедрова, С. Т. Мелюхина, И. Б. Новика, Н. Ф. Овчинникова, М. Э. Омельяновского, Ю. В. Сачкова, В. С. Тюхтина, А. Д. Урсула, Б. С. Украинцева, М. Г. Чепикова и других,—посвященные отдельным аспектам синтеза современного научного знания. В целом можно выделить следующие проблемы, находящиеся в центре внимания исследователей:

—объективные основания тенденции к синтезу знаний;

—уровни и формы синтеза знаний;

—влияние синтеза знаний на систему обучения и научное творчество;

—ценностные аспекты синтеза знаний.

1 См. кн.: «Взаимосвязь технических и общественных наук». Л., 1972; «Синтез современного научного знания». М., 1973; «Взаимосвязь естественных и технических наук». М., 1976; ".Science and Synthesis', N. Y., 1971; „Integrative principles of modern thought". N.Y., 1972 и др

Вместе с тем при философском осмыслении синтеза современного научного знания важное значение приобретает выяснение интегративной функции общенаучных методов познания. Это обстоятельство справедливо подчеркивают В. С. Готт, Э. П. Семенюк и А. Д. Урсул.[1]

В данной работе предпринята попытка показать интегративную функцию такого общенаучного метода, как моделирование. Рассмотрение роли моделирования в синтезе знаний приобретает особую значимость вследствие того, что этот метод позволяет учитывать глубокое единство содержания научных знаний при их формальном различии.[2] Поэтому выяснение природы интегративной функции моделирования может оказать существенное влияние как на создание общей теории моделирования, так и на рефлексию особенностей развития современного научного знания.

На интегративную функцию метода моделирования обратили внимание В. А. Веников, И. Б. Новик, А. И. Уемов, Л. В. Уваров, В. А. Штофф.[3]

Однако до сих пор в известной нам литературе нет специальных обобщающих исследований, посвященных раскрытию роли моделирования в синтезе современного научного знания. Между тем моделирование, пронизывая различные сферы познавательной и преобразовательной деятельности человека, стало важнейшим средством проникновения идей и понятий одних наук в другие. Достаточно, например, вспомнить логико-математические модели физических явлений, электрические модели биологических объектов, киберне-

---

2. См. В.С. Готт, А.Д. Урсул. Общенаучные понятия и их роль в познании. М., 1975; А.Д. Урсул. Интегративно-общенаучные тенденции познания и философия. «Вопросы философии», 1977, №1; Э.П. Семенюк. Общенаучные категории и подходы к познания. Львов, 1978

3. Это обстоятельство отмечает А.И. Уемов, подчеркивая несостоятельность неопозитивистских попыток восстановления единства науки на основе лишь внешних характеристик, без учета единства содержания. См. А.И. Уемов. Логические основы метода моделирования, М., 1971, стр.6.

4. См. В.А. Веников. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. М., 1966; И.Б. Новис. Моделирование и интеграция знаний. Докл. Всесоюзн. Объединенной межвузовской конференции по физическому моделированию (VI) И кибернетике энергетических систем (II). Баку, 1971; А.И. Уемов. Логические основы метода моделирвоания. М., 1971; Л.В. Увароы. Предисловие к кн.: «Моделирвоание и познание». Минск, 1974; В.А. Штофф. Роль моделей в познании, Л., 1963.

тические модели социальных процессов и т. д. При этом выявляется определенная идентичность в подходе к исследованию структур различной природы и единство внутренних механизмов объективных процессов.

Моделирование способствует не только активному взаимодействию самых различных областей науки или, как принято говорить, междисциплинарному синтезу знаний, но, и выполняет важную роль в процессе внутри дисциплинарного синтеза знаний. Создание теорий, открытие законов зачастую немыслимы без использования метода моделирования.

В настоящее время особое значение приобретает исследование интегративной роли метода моделирования при познании сложных («больших») систем. В качестве таких систем могут выступать отдельные предприятия и целые отрасли промышленности, городское хозяйство и технологические процессы, биосфера и энергетическая система. Комплексное моделирование сложных систем затрудняется вследствие недостаточности наших знаний о взаимосвязях составляющих ее подсистем. Внутри одной и той же системы могут действовать социальные, экономические, естественнонаучные и технические факторы. Моделирование сложных систем ставит во главу угла проблему синтеза общественных, естественных и технических наук.

Вполне понятно, что в рамках небольшой книги не представляется возможным охватить многочисленные вопросы, связанные с интегративной функцией метода моделирования. Мы попытались рассмотреть лишь наиболее важные и интересные с нашей точки зрения аспекты данной проблемы.

Автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность научному редактору книги доктору философских наук, профессору И. Б. Новику, а также докторам философских наук С. Т. Мелюхину, Ю. А. Урманцеву и сотрудникам отдела диалектического материализма и философских вопросов естествознания Института философии и права АН Азербайджанской ССР, ознакомившихся с рукописью книги и сделавших ряд ценных замечаний.

ГЛАВА I

ИНТЕГРАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАУКЕ И МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ

§1.0 тенденции к синтезу знаний

Древний философский тезис о самопознании как высшей форме познания в наше время приобретает все более рациональное звучание. Самопознание перестает быть академическим упражнением и оказывает непосредственное воздействие на человеческую деятельность как в процессе получения знания, так и при его объективации.

В процессе современного самопознания науки, несомненно, на первом плане находится проблема синтеза знаний. Выявление функции синтеза в структуре познания не является открытием сегодняшней науки. В логическом плане синтез, как и анализ, является необходимым условием познавательного процесса. Место синтеза в диалектике познания впервые было показано Ф. Энгельсом, представившим познание как единство трех ступеней: непосредственное созерцание, анализ и синтез.

В «Логическом словаре» Н. И. Кондакова дается следующее определение синтеза: «Синтез—мысленное соединение частей предмета, расчлененного в процессе анализа, установление взаимодействия и связей частей и познание этого предмета как единого целого»[1]. Б. М. Кедров считает, что понятию синтеза до известной степени отвечает и понятие «систематизации», приведения каких-либо элементов в систему[2].

Вместе с тем в методологии научного познания понятие «синтез» приобрело новый смысл. На это обращают внимание Е. А. Мамчур и С. В. Илларионов: «...понятие синтеза обладает еще одним (ставшим со времени И. Канта классическим) смыслом: его используют для обозначения той специфической познавательной деятель-

1 Н. И. Кондаков. Логический словарь. М., 1971. стр. 473.

2 Б. М. Кедров. Диалектический путь теоретического синтеза современного естественнонаучного знания. «Синтез современного научного знания», стр. II.

ности, результатом которой является расширение нашего знания о мире...»[3]. Именно этот смысл данного понятия мы будем в дальнейшем изложении иметь в виду, говоря об эвристической и оптимизирующей функции синтеза знаний в современной науке.

Синтез научного знания происходит различными путями. Однако основанием многообразных форм синтеза служит всеобщая тенденция к единству. Н. Ф. Овчинников отмечает в этой связи, что «процесс интеграции охватывает, объединяет науки в их различных, в том числе организационных формах, в то время как тенденция к единству служит теоретическим основанием интеграции»[4].

Удивительная склонность человека объяснять все окружающее из единого начала восходит к глубокой древности. Это проявлялось уже на уровне мифологического осмысления действительности. В совершенно различных по содержанию мифах о происхождении мира, созданных народами, живущими в различных регионах нашей планеты, оказывается возможным выявить целый ряд инвариантных черт, обусловленных прежде всего определенным отображением единства явлений природы. В истории науки эта особенность человеческого мышления проявлялась в многочисленных попытках охватить всю реальность в форме единой теории, обладающей свойством в себе замкнутости как истинной бесконечности. Попыткам создания единой завершенной теории об объективной реальности противостоит качественное многообразие мира. Поэтому реальные результаты на пути создания единой картины мира наука получает в синтезе знаний.

Тенденция к единству проявляется в нарастании процессов интеграции в научном познании. И. Б. Новик, исходя из этого, выделяет следующие уровни синтеза знаний: взаимоперекрестное вооружение наук («слабый синтез»); кибернетизация («умеренный синтез»); физикализация (генетический или «сильный синтез»)[5].

3 Е. А. Мамчур, С. В. Илларионов. Регулятивные принципы построения теории. «Синтез современного научного знания»,стр. 355.

4 Н. Ф. Овчинников. Особенности развития и тенденция к единству научного знания. «Проблемы истории и методологии научного познания». М., 1974, стр. 86.

5 И. Б. Нови к. Вопросы стиля мышления в естествознании. М,, 1975, стр.109.

Выделение различных уровней синтеза имеет важное значение для понимания всей сложности интегративных процессов в науке. Отличие этих уровней сказывается в формах реализации синтеза знаний. Так, на уровне взаимообогащения наук синтез знаний проявляется во взаимодействии, взаимопроникновении различных методов исследования, обобщений, универсализации понятий. Математизация наук, кибернетический и системно-структурный подходы к объектам различной природы являются основной формой реализации второго уровня синтеза знаний. Третий уровень характеризуется глубоким концептуальным, теоретическим синтезом, поисками единого теоретического основания как отдельных наук, так и целых отраслей знания.

Естествознание всегда «имело перед собой в качестве идеала конечную, высшую задачу: объединить пестрое многообразие фактических явлений в единую систему, а если возможно, то в одну-единственную формулу»[6], Небезынтересно отметить, что и в начальный период размежевания наук, в XVII—XVIII веках, не вызывало сомнения, что по мере развития науки все области ее будут охвачены единым методом исследования.[7] И хотя последующая чрезвычайно узкая специализация способствовала установлению тезиса «автономии» методов исследования, тем не менее ряд выдающихся ученых даже в «метафизическом климате» XIX века обращали особое внимание на смежные области познания. Известно, что необходимость исследования «ничейных территорий» между предметами сложившихся наук неоднократно подчеркивал Ф. Энгельс. Этот прогноз, удивительно подтверждающийся в наше время, вытекал из диалектико-материалистического осмысления тенденций развития научного познания.

Одним из первых попытку непосредственного применения идей единства природы в качестве методологического принципа в естествознании сделал Д. И. Менделеев открытием периодического закона химических элементов. Проблема синтеза знаний проявилась особенно глубоко в творчестве В. И. Вернадского. Он подходил к раз-

---

6 М. План к. Избранные труды. М., 1975, стр. 613.

7 См. Э. Б. Модина, У. И. Франкфурт. Проблема науки в переписке ученых XVII в. Мат-лы Международного конгресса по истории науки, секция 1, М., 1971, стр. 98.

личным явлением мира, исходя из того убеждения, что «отдельные частные явления соединяются вместе, как части одного целого, и в конце концов получается одна картина Вселенной, Космоса, в которую входят и движение небесных светил, и строение мельчайших организмов, превращения человеческих обществ, исторические явления, логические законы мышления или бесконечные законы формы и числа, даваемые математикой»[8]. В. И. Вернадский считал, что важнейшим посредствующим звеном для перехода от неживой природы к человеку, является живое вещество, которое должно исследоваться биогеохимией — наукой, глубочайшим образом соприкасающейся «с науками не только о жизни, но и о человеке, с науками гуманитарными»[9].

Предысторией интегративных подходов в физике принято считать неудавшееся притязание классической механики в XVII—XVIII веках на всеобщий универсализм. В дальнейшем, под влиянием успехов теории электромагнетизма, Лоренцем, Дж. Томсоном и другими были сделаны попытки создания в конце XIX—в начале XX века универсальной электромагнитной картины мира. Это не удалось из-за открытия нейтронов, нейтрино, мезонов и других элементарных частиц. Кроме того, гравитационное поле не могло быть сведено к электромагнитному.[10]

В качестве третьей попытки построения объединенной физической картины мира следует отметить замысел А. Эйнштейна создать единую теорию поля. Он пытался объяснить геометрически электромагнитное поле, связав его со свойствами пространства и времени. Эйнштейн был уверен, что различные явления природы вряд ли могут быть абсолютно разделены. И законы природы, которым подчиняются эти явления, не могут быть абсолютно независимыми. Единая теория поля содержала бы, по замыслу Эйнштейна, различные законы в качестве частных случаев и установила бы связь состояний и структур во всей природе.

8 В. П. В е р н а д с к и й. Очерки и речи, вып. II, Пг, 1922, стр. 14.

9 В. И. Вернадский. Научная мысль как планетное явление. Цит. по кн. П. И. Моч а л о в. В. П. Вернадский —человек и мыслитель. М., 1970, стр. 123.

10 Д. Д. И в а н е н к о. Развитие физики элементарных частиц. «Вопросы философии», 1958, № 5, стр. 75.

Эйнштейн не смог осуществить свой замысел. Современная физика также далека от решения этой проблемы. Однако по-прежнему программа, сформулированная фундаментальной идеей А. Эйнштейна, как это отмечает В. Гейзенберг, «сохраняет свою философскую силу, определяя и в наше время наиболее привлекательную область исследований»[11].

К. Вейцзеккер, основываясь на философской идее А. Эйнштейна, иначе подходит к проблеме единства физики. По его мнению, из квантовой теории, а не из теории относительности, как считал Эйнштейн, должны быть выведены остальные теории. А это будет возможно после соответствующей модификации квантовой механики и превращения ее в абстрактную теорию изменения любого объекта, опирающуюся на логику временных высказываний[12].

Сейчас естествознание стоит на пороге создания системы понятий, которые, составив его концептуальную базу, позволят осмыслить данные физики высоких энергий, химии и биологии в их единстве. Становится очевидным, что ныне речь должна идти о поисках общих для всего естествознания теоретических оснований.

Методологический принцип синтетического подхода к явлениям природы превращается в стиль мышления всего естествознания. Реальные плоды такого подхода впервые были получены при реализации физической программы Эрвина Шредингера в биологии. Как известно, Шредингер в 1943 году обсудил различные явления жизни, причины макроскопичности, многоатомности организма, механизмы наследственности и мутаций с позиций теоретической физики. Последующее развитие молекулярной биологии доказало чрезвычайную плодотворность такого синтетического подхода. Философским основанием своего творчества Шредингер считал простую истину: все науки должны преследовать одну цель — приблизить ответ на вопрос «Кто мы такие?». «Изолированные знания, получаемые группой специалистов в узкой области, не имеют сами по себе какую-либо ценность, они имеют ценность лишь в синтезе со всей ос-

11 W. Heisenberg. The Unified Field theory. „Science and synthesis", p. 17.

12 См. об этом: G. F. Weizsacker. Die Einheit der Natur. Munchen, s. 217.

тальной частью знаний, и тем большую, чем больший реальный вклад они делают для получения ответа на вопрос: «Кем мы являемся?»[13].

Достижение единства знаний о природе, человеке, обществе является идеалом науки. Благодаря синтезу знаний становится понятным смысл научной деятельности. Узкая специализация делает это зачастую неявным. В результате возникают всевозможные сомнения о целесообразности ведения исследований в таких областях, как физика высоких энергий, теоретическая математика, космонавтика и т. д.[14]

Развитие естествознания раскрывает одну из основных целей науки, которая, как считал еще Кант, заключается в выяснении вопроса: «Что такое человек?». В синтезе современного естествознания все более явно чувствуется эта великая цель.

Совершенно обоснованно с синтезом знаний связывают надежду на доказательство утверждения Ф. Бэкона — о тождественности истины и полезности. Единство материального мира и им обусловленный монизм естественных и социальных наук позволяет делать методологический прогноз усиления влияния ценностных факторов на развитие естествознания. Становится необходимым включить в предмет исследования естествознания не только человека, но и условия его существования. Например, современная экологическая ситуация оказывает значительное влияние на методологию научного познания, способствуя экологическому синтезу знаний.

Таким образом, естествознание, как и предвидел К. Маркс, все более становится «основой человеческой науки», включая в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включает в себя естествознание.

---

13 E. Schrodinger. Science and Humanism. Cambridge, 1952, p. 5.

14 последние годы появился ряд работ, где показан смысл ведения тех или иных исследований. См., например, статьи американских и советских физиков о цели физики высоких энергий: «Успехи физических наук», т. 86, вып. 4, 1965. О необходимости освоения космоса см.: В. И. Севастьянов, А. Д. Урсул. Космонавтика и развитие практики. «Философские науки», 1976, № 2. Обоснованию математических исследований посвящен сборник: "The Mathematical Sciences", Cambridge, 1969.

§ 2. Синтез знаний и проблема организации научных исследований

Синтез знаний есть процесс, ведущий познание ко все более адекватному отражению закономерностей объективной реальности. На каждом этапе познания синтез способствует раскрытию определенного среза реальности. В ходе развития знаний этот срез расширяется и углубляется. В свете этого познание объективного мира можно представить как образование иерархии знаний, отражающих различные уровни организации материи.

В настоящее время все сильнее проявляется эвристическая функция синтеза знаний, ставшего основным средством решения глобальных проблем[15]. Эвристическая функция синтеза знаний является важнейшим средством оптимизации научного творчества[16]. Сейчас масштабы познания достигли такого уровня, что дальнейшее интенсивное развитие знаний становится возможным при определенной, оптимальной организации деятельности субъекта — отдельных ученых, научно-исследовательских групп и институтов[17]. Синтез знаний, выполняющий многогранную эвристическую функцию при познании, становится одним из основных критериев оптимальной организации научной деятельности. В этом плане можно согласиться с утверждением, что проблема синтеза возникает не только непосредственно на уровне познания, но и при организации научных работ, когда определяются исходные возможности будущих исследований.

Как известно, в процессе познания объект исследования прежде всего вырывается из всеобщей связи окру-

15 См. Мат-лы теорет. конф. «Взаимосвязь наук при решения экологических проблем». М.—Обнинск, 1976.

16 Выражение «оптимизация научного творчества», введенное П. Б. Новиком, соответствует не только кибернетическому стилю изложения методологических проблем, но и наиболее адекватно характеризует специфику творческого процесса. См. И. Б. Нови к. Синтез знаний и проблема оптимизации научного творчества. «Синтез современного научного знания», стр. 296.

17 Понятие «субъект» в теории познания охватывает не только индивидуально-психологические особенности познающего, а фиксирует наиболее общие черты познавательного отношения к объекту, возникающие на основе уже известного знания. Это и позволяет в данном контексте считать рядоположенными такие понятия, как ученый, исследовательская группа, научно-исследовательский институт.

жающей среды и рассматривается изолированно. Далее анализ охватывает непосредственно сам объект, происходит расчленение его на отдельные составляющие элементы. Первая стадия познания завершается предварительным синтезом, т. е. мысленным восстановлением существующих связей между отдельными компонентами объекта. Вторая стадия познания требует восстановления связей объекта с внешней средой. И если на первой стадии познания синтез является спонтанной реакцией на анализ объекта, то на второй для реализации синтеза необходимы существенные усилия. В отличие от дифференциации знаний стремление к единству, как замечает Н. Ф. Овчинников, «требует особого рода творческих усилий, связанных с осознанием процессов внутренней организации знания, и это стремление может быть охарактеризовано как тенденция к антиэнтропийным процессам».[18]

На наш взгляд, важнейшим каналом реализации таких «антиэнтропных» тенденций в движении знания является организация научных исследований в соответствии с выявленными закономерностями синтеза знаний. Вследствие этого, несомненно, существенно увеличится «эвристический эффект» исследований.

Организация научных исследований сама по себе не является причиной синтеза знаний. Причиной или объективным основанием синтеза служит комплексность самой исследуемой проблемы, многообразие связей объекта познания с внешней средой. Оптимальная организация научных исследований лишь ускоряет адекватное отображение реальности и предвосхищает реализацию необходимого для этого синтеза знаний.

Выяснение роли организации научных исследований в синтезе знаний приводит к необходимости рассмотрения некоторых особенностей возникновения знания. Хотя процессы синтеза знаний, обусловленные соответствующей организацией научных исследований, имеют в ряде отношений свою специфику, тем не менее они органически связаны с процессами синтеза, происходящими на уровне мышления. И это естественно, поскольку конечным продуктом научного творчества коллектива или индивида является новое знание.

18 Н. Ф. Овчинников. Особенности развития и тенденция к единству научного знания, стр. 104

Как известно, познание после Канта тесно связывается с формами мышления субъекта. Кант получение знания мыслил как синтез данных восприятия и априорных понятий и категорий. Исходя из этой схемы, он утверждал, что человеческий разум открывает в природе то, что сам в нее вкладывает. Кант был уверен в том, что категориальный строй мышления есть нечто неизменное и не зависящее от опыта, от практики человека. И если в философии Аристотеля категории являются прежде, всего «высшими родами бытия» и лишь на основе этого своего значения оказываются родами мыслимого, то у Канта, напротив, определение категорий сразу оказывается «суженным до субъективного значения: категории Канта суть основные понятия рассудка, образующие априорную форму мыслимости каких бы то ни было предметов, их свойств и отношений»[19]. Гениально угадав механизм познавательного процесса, Кант свел получение нового знания к воспроизведению на новом материале содержаний неизменных форм мышления. Это, как известно, привело к тому, что у Канта процесс познания разделил природу и человека.

Однако в кантовском учении о категориях в искаженном виде нашел свое выражение тот реальный факт, что научное познание имеет свои предпосылки и средства, что оно зависит не только от чувственных данных, но и от некоторых исходных форм, принципов, подходов, которыми оперирует субъект. Именно поэтому сейчас не вызывает сомнения, что, подвергая знание методологическому анализу, следует иметь в виду с самого начала «два конструирующих его фактора познавательной деятельности — с одной стороны, фиксацию эмпирически данного, с другой стороны, применение к имеющимся данным некоторой концептуальной схемы»[20].

Понятийная структура мышления не априорна, она формируется на основе опыта научного познания, практической деятельности, в соответствии с интеллектуальным климатом эпохи. Как подчеркивал В. И. Ленин, «...практическая деятельность человека миллиарды раз должна была приводить сознание человека к повторению

19 В. Ф. А с м у с. Иммануил Кант. М., 1973, стр 44.

20 В кн. «Философия Канта и современность», М., 1974, стр. 425.

разных логических фигур, д а б ы эти фигуры м о г л и получить значение а к с и о м»[21].

В использовании различных понятий, методов, подходов проявляется активная роль субъекта в познании. При взаимообогащении понятий, взаимодействии методов различных наук создаются благоприятные условия для разностороннего воспроизведения в мышлении связей объекта. В этом, собственно, и выражается диалектика процесса познания. Многообразие и единство материального мира требуют диалектического сочетания в процессе познания реальности как изолированного, так и всестороннего подхода. При узкой специализации, помимо других серьезных трудностей, происходит адаптация стиля мышления исследователя к воспринимаемым фактам. Хотя природа этого явления недостаточно выяснена, не вызывает сомнения, что специализация создает гносеологическую основу для шаблонного подхода к различным явлениям. Существует прямая зависимость между стилем мышления индивида, его специальностью и его подходом к объекту познания. Как отмечает Дж. Диксон, если изучен какой-либо конкретный метод, то вполне естественно появится желание использовать его вновь[22]. Рассмотрение явлений через призму различных методов, понятий, принципов устраняет односторонний подход, делает возможным инверсию в мышлении исследователя. Поскольку наиболее эффективно применять методы, принципы той или иной науки может только специалист, то в исследовательские группы включают людей разных профессий. Взаимодействие стилей мышления различных специалистов является важнейшим фактором, направляющим мыслительные процессы к эврике. В обстановке перекрещивания мыслей, отражающих каждая по-своему ту или иную сторону объекта познания, возникает новое знание.

При организации исследовательских групп предметом особого рассмотрения должен стать потенциальный концептуальный аппарат образующегося «коллективного разума». Исследовательская группа должна создаваться на основе логико-гносеологического «конструиро-

21 В. И. Л е н и н. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 172.

22 Дж. Диксон. Проектирование системы: изобретательство, анализ и принятие решений. М., 1969, стр. 37

вания» понятийного аппарата, необходимого для охвата решаемой проблемы. Высокая эффективность исследовательских групп, включающих специалистов различной профессиональной ориентации, объясняется именно образованием определенной интегративной «понятийной сетки», позволяющей осуществлять адекватный подход к объекту познания. Получаемая в таком случае новая информация, принятое решение являются как бы результатом категориального синтеза в «коллективном разуме». При изменении состава специалистов становится возможной широкая вариация понятийного строя «мышления группы» в зависимости от конкретных потребностей.

Отсюда можно сделать вывод, что теоретической предпосылкой разработки исследовательских групп должны быть не только социально-психологические, но и философские принципы, учитывающие эвристическое взаимодействие стилей мышления специалистов, входящих в коллектив. Это диктует необходимость теснейшей связи между самими рефлексивными исследованиями — методологическими, социологическими и психологическими подходами к научному творчеству.

Осознание роли исходной концептуальной схемы мышления субъекта в научном познании делает актуальными пересмотр структуры подготовки научных кадров, разностороннее развитие способностей исследователя, реализацию подлинно университетского принципа образования во всех звеньях обучения. Делаются усиленные попытки создать единую систему обучения, перебросить «мост» между различными дисциплинами при преподавании. Прежде всего обращается внимание на те способы преподавания, посредством которых можно обойти существующее разделение наук.

Основу преподавания многих дисциплин составляют иллюстрация различных фактов, их оценка, классификация и т. п. Совершенно очевидно, что бесконечное многообразие окружающего нас мира приводит к фиксированию фактов столь различного характера, что приведение их в единую классификационную систему оказывается весьма трудным делом.

Создание единой системы обучения возможно, если исходить из того, что тенденция к единству знаний имеет истоки, которые лежат намного глубже эмпирического

языка науки. Факты приобретают смысл лишь при выявлении определенной закономерности, создании теорий. Не случайно зрелость той или иной науки определяется наличием у нее определенной системы теорий. Поэтому система обучения должна исходить из достигнутого концептуального, теоретического синтеза знаний и сосредоточить внимание на общих методах развития наук, на единстве их оснований. Как справедливо отмечают И. А. Акчурин, М. Ф. Веденов и Ю. В. Сачков, — «по-видимому, настало время строить образование на базе современной научной картины мира, а не учить студентов сначала классической физике и математике, а потом уже, на старших курсах университетов и институтов, безуспешно пытаться перестраивать их уже сложившиеся, в известной степени закостеневшие формы восприятия внешнего мира. Особенно это касается воспитания специалистов в таких далеко продвинутых областях современного знания, как физика высоких энергий, молекулярная биология, кибернетика и т.п.»[23].

Важно подчеркнуть, что разделенность современной системы обучения, отсутствие связей между отдельными ее областями приводят не только к огромному материальному ущербу, понижению эффективности научных исследований, но и к определенному отчуждению научно-технической интеллигенции от искусства, философии, литературы, т. е. от культурных ценностей. Эта проблема особенно остро стоит на Западе, где нет обязательного гуманитарного образования в технических учебных заведениях и естественнонаучных факультетах университетов. В результате, как констатирует Ч. Сноу, на Западе возникли две культуры (мир людей техники, науки и мир людей искусства, философии, литературы), представители которых очень часто не понимают друг друга[24].

В условиях социализма система обучения все более подчиняется раскрытию глубокого единства естествознания и обществознания на базе марксистско-ленинской философии. Единство естественных и социальных наук, как известно, было впервые обосновано классика-

23 И. А. Акчурин, М. Ф. Веденов, Ю- В. Сачков. Диалектическая противоречивость развития современного естествознания Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968, стр. 46

24. См. об этом подробнее: Ч. С н о у. Две культуры. М., 1973.

ми марксизма-ленинизма. До Маркса монизм наук рассматривался в лучшем случае лишь в рамках естествознания. Даже у тяготевших к материализму философов XVII и XVIII веков история общества всегда оставалась за чертой натуралистического монизма[25]. Согласно Марксу, единство исторического мира человека с природой осуществляется через научно-техническую, промышленную деятельность. Это фундаментальное положение позволяет осуществлять методологическое прогнозирование рационального развития научно-технического прогресса, учитывая объективные процессы природы и интересы общества. Целостность представлений о природе и обществе, являясь важнейшим основанием формирования культуры специалистов самых различных областей знания, способствует оптимальной организации исследовательских групп и синтезу общественных, естественных и технических наук.

§ 3. Синтез знаний и методы исследования

Метод исследования, являясь системой регулятивных принципов познавательной деятельности, всегда был предметом пристального анализа как философов, так и естествоиспытателей. Характерной особенностью современного этапа развития научного познания является все более нарастающая взаимосвязь методов исследований, эвристическое взаимодействие их. Происходящие изменения в структуре отдельных методов отражают и в какой-то мере определяют тенденцию к синтезу знаний. Поэтому выяснение природы взаимообогащения, универсализации методов исследований приобретает важное значение для понимания одного из важнейших интегрирующих каналов научного познания.

Философское осмысление процесса универсализации методов имеет существенное значение и для оптимизации научных исследований, поскольку экономичность метода определяется способностью давать результат с наименьшими затратами средств и времени и возможностью «работы» при познании объектов различной природы.

---

25 в. Ф. Асмус. Маркс и проблема монизма естественных и социальных наук. Избр. философские труды, т. 2, 1971, стр. 302.

В «Философской энциклопедии» метод определяется как «путь исследования, познания, теория, учение—форма практического и теоретического освоения действительности, исходящего из закономерностей движения изучаемого объекта...»[26]. Метод не может быть результатом субъективного усмотрения, хотя его содержание видоизменяется в зависимости от конкретно-исторических потребностей и социальной культуры вообще. В методах познания своеобразно проявляется диалектика субъекта и объекта. Только кажется, что намечающаяся тенденция возрастания активности исследователя в науке приводит к возрастанию «веса субъективного». На деле содержание метода исследования, его структура остаются адекватными познаваемым явлениям.

На каждой ступени познания бесконечное многообразие, сложность мира детерминируют создание разнообразных методов, подходов, необходимых для отображения различных уровней организации материи. К материалистической интерпретации этого вопроса сейчас вынуждены склоняться и многие западные естествоиспытатели и философы. Например, К. Вейцзеккер так характеризует взаимоотношение метода и предмета науки: «...Ведущим в науке является предмет, а не метод. Крупные шаги делаются всегда там, где кто-то, плененный действительностью, развивает метод, который раньше никому не приходил на ум»[27].

При выяснении объективных оснований взаимодействия методов исследований плодотворную методологическую функцию выполняет диалектико-материалистическое учение о формах движения материи.

Здесь существенно учитывать следующие аспекты этого учения:

- любая сложная форма движения материи содержит превзойденные в ходе эволюции менее сложные формы, вплоть до простейших;
- качественно различные объекты содержат некоторые общие формы движения;
- помимо главной формы движения, в материальных системах имеются и побочные формы движения.

В соответствии с этим можно отметить, что связь форм

26 Философская энциклопедия. М., 1964, т. 3, стр. 409.

27 O. F. Weirsacker. Die Einheit der Natur, s. 301.

движения материи обусловливает взаимодействие методов исследования, комплексное их применение. Например, стали достоянием истории споры о возможности применения для познания живой природы методов физики, химии, кибернетики, математики. Совершенство современного биологического исследования в значительной мере определяется именно методами этих точных наук. Проблематика теоретической биологии, как известно, распадается теперь на молекулярно-биологическую и математико-кибернетическую. Первая состоит в изучении физико-химических основ элементарных актов жизнедеятельности, вторая — раскрывает строение и функционирование биологических систем[28]. Невиданного ранее комплексного подхода требует решение проблем, связанных с современной экологической ситуацией, социальными процессами.

Вместе с тем качественное отличие форм движения материи обусловливает и своеобразие взаимодействия методов исследования. Методы, отражающие высшие и низшие формы движения материи, дополняют друг друга и не могут полностью заменить установившиеся в этих областях «классические» пути исследования. Создание специфических методов, приемлемых только в данной узкой области, является неизбежным «спутником» познания. Процесс возникновения новых методов объективен и обусловлен качественным многообразием окружающего нас мира.

Таким образом, частные методы исследования изменяются, совершенствуются, взаимодействуют, взаимообогащаются, но при этом сохраняют свою относительную самостоятельность. Учение о формах движения материи показывает необходимость комплексного подхода к познанию сложноорганизованных объектов и выявляет основания гносеологической ограниченности частных методов.

В научном исследовании, наряду с частными, широко используются универсальные и общенаучные методы.

Подлинно универсальным, всеобщим методом является марксистско-ленинская философия — научное философское мировоззрение. В научном познании в силу един-

---

28 См. об этом в кн. А. А. Ляпунов, Г. П. Б а г р и н о в с к а я. О методологических вопросах математической биологии. «Математическое моделирование в биологии». М., 1975.

ства онтологических и гносеологических аспектов происходит превращение мировоззренческих положений в методологические. Именно посредством такого «превращения» мировоззрение становится действенным управляющим каналом процесса отображения материи в мысли. Методология, исходящая из научной философии, пронизывает все науки, ориентирует человеческую деятельность во всех областях общественной жизни, и тем самым выполняет глубокую синтезирующую функцию[29].

Во всех науках используются логико-гносеологические методы, которые рассматриваются в философии, но предназначаются непосредственно для научного познания. Логико-гносеологические методы являются неотъемлемыми средствами научного исследования. Невозможно представить получение эмпирического знания без наблюдения, измерения, эксперимента, а теоретического знания — без абстрагирования, идеализации, анализа и синтеза, индукции и дедукции.

Однако логико-гносеологические методы не обладают той степенью всеобщности, которая присуща материалистической диалектике. Ибо сами эти методы основываются на мировоззрении и применимы лишь в сфере научного познания.

Взаимоотношение методов получения эмпирического и теоретического знания зависит от предмета исследования. Так, некоторые науки основываются преимущественно на методах, которые носят теоретический, логический характер, а другие — экспериментальный характер. В соответствии с этим различают дедуктивные и экспериментальные науки[30].

В дедуктивных науках широко используются в качестве методов образования исходных базовых положений—понятий, принципов, аксиом—абстрагирование, обобщение, идеализация. Осуществляется полная логическая систематизация знаний аксиоматическим методом. Особенностью таких наук является целостность, непротиворечивость их выводов. Классическим примером дедуктивной науки является математика. Методы математики способствовали появлению и других дедуктивных наук. Тео-

29 О синтезирующей функции научного мировоззрения см.М. Г. Чепиков. Интеграция науки. М, 1975, стр. 38—69

30 См. об этом: Б. В. Бирюков. Кибернетика и методология науки. М. 1974, стр. 122

ретическая кибернетика, новые разделы физики, механики зачастую становятся областью возникновения совершенно новых математических структур.

Экспериментальные, эмпирические науки преимущественно основываются на наблюдении, измерении, эксперименте, т. е. в них субъект непосредственно оперирует материальными объектами. К таким наукам относятся ботаника, география, геология, химия. Следует отметить, что в последние годы наметилось стремление к «теоретизации» эмпирических наук. Усилилась их математизация, апробируются основания для систематизации их многочисленных данных. Это, несомненно, является одним из проявлений тенденции к синтезу знаний. Вместе с тем важно подчеркнуть условность противопоставления теоретических и эмпирических методов. Ведь, в конечном итоге, теоретические методы также основываются на опыте, наблюдении, эксперименте. В то же время эксперимент, наблюдение, измерение, как и любая другая целесообразная деятельность, пронизаны логическим мышлением. Поэтому можно согласиться с М. Э. Омельяновским, что эти противопоставления «становятся относительными, а аксиоматический и эмпирический подходы оказываются аспектами единого общего метода исследования современного естествознания...»[31].

В научном познании ведущую роль начинают играть методы, которые сочетают как способы теоретического освоения действительности, так и приемы получения эмпирического знания. В одном случае их выводы непосредственно основываются на эксперименте, в другом — конкретные рекомендации даются на базе глубоких логико-математических исследований. К числу таких методов относятся моделирование, системно-структурный, теоретико-информационный, семиотический подходы и т. д. Они могут быть использованы в самых разных областях науки, поэтому их справедливо классифицируют как общенаучные[32].

Природу всеобщности методов познания можно объяснить при одновременном рассмотрении их онтологической и гносеологической сторон[33]. Онтологическая

31 М. Э. О м е л ь я н о в с к и й. Диалектика в современной физике, М.,1973.

32 См. В. С. Г о т т. А. Д. Урсул. Общенаучные понятия и их роль в познании.

33 В. С. Т ю х т и н. Отражение, системы, кибернетика. М., 1972, стр. 38

сторона характеризует объективное содержание метода и относится к объектам внешнего мира. Гносеологическая - характеризует систему приемов, логических правил, понятийный аппарат метода. На основе единства онтологического и гносеологического аспектов, реализованного в диалектическом материализме, можно выяснить статут любого метода познания.

Онтологическое содержание частных методов, как уже было отмечено, отражает специфические свойства, структуры, законы той или иной формы движения материи. Соответственно этому частные методы связаны со строго определенными логико-гносеологическими, математическими средствами.

Онтологическое содержание общенаучных методов отражает законы, связи и отношения объектов различной природы. Особенностью некоторых общенаучных методов (например, моделирования) является изменчивость онтологического содержания, его «приспособление» к познаваемым явлениям. Такие общенаучные методы имеют широкую градацию и разветвления и каждый их вид предстает относительно самостоятельным методом, так как в них используются понятия, принципы, законы разных областей науки. Именно неоднозначность, некоторая «расплывчатость» онтологического содержания общенаучных методов обеспечивает их широкую применимость. Рассмотрение гносеологического аспекта этих разветвлений показывает инвариантность их логико-гносеологического, понятийного аппарата, т. е. внутреннее единство общенаучных методов. Целостность общенаучных методов достигается, как справедливо считают В. С. Готт и А. Д. Урсул, «не одним даже самым фундаментальным понятием, а их системой, связями и отношениями с другими понятиями, составляющими «концептуальный остов» метода»[34].

Необходимость обоснования целостности общенаучных методов выступает на первый план при рассмотрении их интегративной функции. Ведь говорить о такой функции общенаучного метода, как трансляция идей, понятий, подходов из одной области знания в другую, можно, если обосновано внутреннее единство данного метода. Разумеется, в каждом конкретном случае этот вопрос требует особого подхода.

34 В. С. Готт, А. Д. Урсул. Общенаучные понятия и их роль в познании, стр. 38.

ГЛАВА II

ВНУТРЕННЕЕ ЕДИНСТВО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Метод моделирования в ходе развития науки и техники прошел длительную и сложную эволюцию от первых, спорадически применяемых простейших моделей в древние века до современного метода научного исследования. Эта эволюция замечательно подтверждает историческое движение знания от абстрактного, одностороннего отражения явлений к отражению конкретному, т. е. более полному и многостороннему.

В наше время моделирование приобрело статут общенаучного метода, пронизывая по существу все сферы научного познания. Обогащенное, достижениями математики, кибернетики, системного подхода, моделирование способствует углублению наших знаний об окружающем мире, перерастает в средство оптимального управления техническими системами, принятия целесообразного решения в «больших» системах: экономике, взаимоотношении человека и природы, государственном аппарате и т. п.

Возрастание роли метода моделирования в научном познании детерминируется прежде всего внутренней логикой развития науки, в частности необходимостью во многих случаях опосредованного отражения объективной реальности. Существенное значение в распространении моделирования имеют и экономические соображения, связанные с повышением эффективности научных исследований и оптимизацией человеческой деятельности вообще.

Несмотря на многочисленные философские исследования, посвященные моделированию[1], методологическая

1. Философскому анализу различных аспектов метода моделирования посвящены значительные исследования. Началом методологического анализа роли моделирования в познании можно считать статью А. Розенблюта и Н. Винера. A.Rosenbluth and N. Wiener The role of models in science. «Philosophy of science». 1915. vol. 12, № 4). Большой вклад в философское обоснование метода моделирования внесли работы советских философов и естествоиспытателей: Л. Б. Баженова, Б. В. Бирюкова, Л. О. Вальта

проблематика этого важнейшего инструмента научного познания не может быть исчерпана. Это объясняется той Простой истиной, что моделирование, как неотъемлемое средство познавательной и преобразовательной деятельности, постоянно обобщается и развивается.

Предметом настоящей главы является анализ вопросов, непосредственно связанных с проникновением метода моделирования в различные области науки. Использование моделирования практически во всех сферах человеческой деятельности, многообразие его видов создали иллюзию о его «дроблении» на ряд самостоятельных методов исследования. В этой связи возникли даже суждения о нецелесообразности создания общей теории моделирования. Из подобных точек зрения следует невозможность обобщения в рамках единой теории инвариантных аспектов логико-математического, физического, кибернетического и других видов моделирования.

Действительно ли нарушается целостность метода моделирования в результате его распространения в различные сферы научного познания?

В. А. Веников пишет по этому поводу: «Общее направление моделирования, изменяющее в конкретных приложениях свои формы в связи с расширением задач исследования и новым подходом к проблеме наглядности, нуждается в настоящее время в общем, методологическом осмысливании и выявлении единых основ, в действительности существующих, но завуалированных спецификой задач отдельных дисциплин и несогласованной, а в ряде случаев и противоречивой терминологией»[2]. На наш взгляд, В. А. Веников поднимает исключительно важную методологическую проблему, решение которой

В.А Веникова, Б. А. Глинского, В. М. Глушкова, Б. С. Грязнова, Ю.А. Жданова, А. Н. Кочергина, К. Е. Морозова. И. Б. Новика, В. С. Тюхтина, Ю. А. Урманцева, А. Д. Урсула, А. И. Уемова, И. Т. Фролова, В. А. Штоффа и других. Из зарубежных исследова-ний следует отметить работы Р. Карнапа, Р. Брэйтвэйта, М. Бунге, Э. Хаттена, М. Хесс. В работах западных исследователей зачастую содержится искаженная трактовка гносеологических вопросов. Кри-тика неопозитивистской и неотомистской концепций модели произве-дена В. А. Штоффом (В. А. Ш т о ф ф. Моделирование и философия. М. - Л., 1966, стр. 36 - 80).

2. В. А. Веников. Теория моделирования и ее развитие в работах проблемной лаборатории электрических систем МЭИ. «Теория подобия и физическое моделирование». Тр. МЭИ, вып. 77, М., 1970, стр. 5 (выделено нами—Н. М.).

может оказать значительное влияние на создание общей теории моделирования. Это необходимо и для исследования интегративных функций моделирования. Ибо без обоснования целостности, внутреннего единства метода невозможно говорить об его интегративной функции.

В дальнейшем изложении мы попытаемся на основе анализа гносеологических, онтологических и логических аспектов различных видов моделирования показать внутреннее единство этого метода.

§ 1. Гносеологическая специфика метода моделирования

Моделирование—это метод практического или теоретического опосредованного исследования объекта на некоторой промежуточной системе, которая:

—находится в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом;

—способна в процессе ее исследования замещать в ряде отношений сам изучаемый объект;

—в конечном итоге дает информацию о самом интересующем нас объекте;

—может быть естественной или искусственной (вещественным агрегатом или определенным сочетанием знаков). Промежуточная система, удовлетворяющая указанным условиям, называется моделью.

Модели в научном познании выполняют самые различные функции. Можно отметить иллюстративную, трансляционную, эвристическую, прогностическую, критериальную, объяснительную и другие функции. Важную роль сейчас приобретает преобразующая функция моделей, когда они предстают инструментом оптимизации практической деятельности человека.

Перечисленные функции не исключают друг друга и могут сосуществовать в моделях. Однако некоторые функции в отдельных случаях принципиально несовместимы. Например, в моделях квантовой механики несов-

---

3. Н. М. Мамедов, И. Б. Новик. Кибернетическое моделирование и проблемы оптимизации. «Кибернетика и научное познание». М., 1976, стр. 239.

4. Подробнее о функции моделей в научном познании см.: Б. А. Глинский и др. Моделирование как метод научного исследования. М., 1965, стр. 133—216

местимы иллюстративная и эвристическая функции. Здесь эвристическая функция достигается ценой утраты наглядности модели. Как будет показано в дальнейшем, подобная несовместимость связана с особенностями моделируемой системы.

Многообразие функций моделей в познании дополняется многообразием их типов. Конкретная цель исследования, своеобразие эмпирических и теоретических уровней познания обусловливают создание разных моделей. В математике, физике, технике, географии и других областях осуществлены подробные классификации используемых моделей. Рассмотрим, например, классификацию моделей, предложенную В. А. Вениковым[5].

Основу классификации В. А. Веникова составляют три способа реализации моделирования:

—способ полного моделирования, при котором обеспечено подобие движения материи во времени и пространстве;

—способ неполного (частичного, локального, функционального) моделирования, при котором протекание всех основных процессов, характеризующих изучаемое явление, подобно только частично (или только во времени, или только в пространстве);

—способ приближенного моделирования, при котором некоторые факторы, заведомо влияющие, но не оказывающие решающего действия на протекание процесса, моделируются приближенно или совсем не моделируются.

Далее В. А. Веников, эти три способа реализации моделирования делит на два основных вида: мысленное (идеально-теоретическое) моделирование и материальное (реально-практическое, или вещественно-агрегатное) моделирование, которые в свою очередь классифицирует на ряд групп и подгрупп:

1) чувственно-наглядные модели, представляющие гипотетические представления, реализуемые в виде тех или иных наглядных построений;

2) символические знаковые модели: географические карты, представленное в виде условных знаков химическое строение молекул и т. д.;

5. В. А. Веников. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики, стр. 27.

3) математические мысленные модели, как математизированные истолкователи теории. Модели этой группы являются средством связи теории с объективной деятельностью, средством для проверки теории. Сюда же относятся программы вычислительных машин, экономические модели и т. п.;

4) натурные модели, которые берутся непосредственно из природы при специально созданных или подобных условиях: био-биологическое, геологическое моделирование и т. д.;

5) физические модели. На их основе проводятся исследования на установках, сохраняющих полностью или хотя бы в основных чертах природу явлений. При физическом моделировании эти явления воспроизводятся количественно иначе: меняются геометрические размеры, силы, моменты, мощности и т. д.;

6) материально-математические модели. На этих моделях физика исследуемого процесса не сохраняется, его изучение ведется на моделях, имеющих другую физическую природу. Моделирование здесь не преследует какого-либо физического сходства и основывается на изоморфизме уравнений;

7) кибернетические модели, на основе которых осуществляется моделирование внешне-поведенческих функций объектов различной природы.

Приведенная классификация играет существенную роль в технике. Однако она не полна с гносеологической точки зрения. Например, в ней не выделяются из технических и экспериментальных исследований теоретические, к каковым относятся, в частности, логико-математические модели в физике элементарных частиц. Классификации же, распространенные в теоретических науках, не учитывают моделей, используемых в эмпирических исследованиях.

Вместе с тем в принципах построения подобных классификаций, в выборе их оснований имеется много общего. Можно согласиться с В. А. Штоффом, что классификация моделей производится по их форме (способу построения) и по содержанию (качественной специфике моделируемой действительности)[6]. Независимо от форм построения и характера тех областей объективного мира,

6. В.А. Штоф. Моделирование и философия, стр.23.

которые воспроизводятся в моделях, процедура моделирования остается совершенно одинаковой. Характер элементов, из которых состоит модель объекта, не играет при исследовании решающей роли. Как отмечает И. Б. Новик, и модели из материальных, и модели из логических (знаковых) элементов «одинаково способны выступать и качестве относительно самостоятельных, выражающих определенный тип отношений объектов изучения»[7]. Это обстоятельство говорит об общности гносеологической природы различных видов метода моделирования.

Попытаемся раскрыть гносеологическую природу метода моделирования, исходя из теоретико-информационного подхода к процессу познания.

Мы придерживаемся точки зрения, что моделирование это гносеологическая процедура, одним из основных свойств которой является ограничение разнообразия в познаваемых явлениях. Ограничение разнообразия необходимо для упорядочения количества информации, поступающей к субъекту. Если информацию считать «отраженным разнообразием»[8], то модель в субъект-объектном отношении предстает как ретранслятор в движении информации от объекта к субъекту. Моделирование позволяет, не нарушая объективной картины разнообразия в оригинале, выделить в каждый исторический момент определенный его «срез», познание которого диктуется логикой развития науки, практики. Поскольку «информация не может передаваться в большем количестве, чем, что позволяет количество разнообразия»[9], то ограничение разнообразия естественно уменьшает количество информации, воспринимаемой субъектом. Модель, не нарушая объективного разнообразия (многообразия), присущего оригиналу, регулирует отражательные возможности субъекта. Она изменяет как бы актуальный, динамический аспект информационного критерия развития материальных систем, не нарушая структурно-статический. Поэтом не случайно, анализируя наиболее распространенные понятия модели, приходят к представлению о модели как системе, исследование которой служит

7. И. Б. Новик. О моделировании сложных систем. М., 1965, стр.81

8. А. Д. Урсул. Отражение и информация. М., 1973, стр. 58.

9. У. Э ш б и. Введение в кибернетику. М., 1959, стр. 248.

средством для получения информации о другой системе[10].

Отличие модели от объекта-оригинала является исторически преходящим, и в результате диалектического движения познания совершается переход от менее насыщенной информацией модели к более насыщенной. В каждый конкретно-исторический период субъект способен охватить строго определенное количество информации об объекте познания. На основе этой информации возникает образ объекта, позволяющий предварительно оценить его сложно организованность и выбрать ту или иную модель. После получения дополнительной информации вследствие исследования этой модели начинает проясняться «наивность» исходного образа, и возникает более адекватный объекту образ. Старая модель при этом обесценивается, возникает потребность в построении новой модели, которая позволила бы охватить больше информации об объекте, чем предшествующая. Таким образом, количество учтенной информации в модели зависит как от конкретной цели субъекта, так и от степени сложности познаваемой материальной системы. Поэтому важное прогностическое значение приобретает оценка сложности моделируемых объектов.

Оценка сложности моделируемых объектов может основываться на измерении их информационного содержания. Теоретико-информационный подход к изучению уровней развития материи, качественного и количественного различия объектов оказывается универсальным, если исходить из понимания информации в плане разнообразия, а само разнообразие понимать в широком смысле как разнообразие связей, отношений, свойств и т. д. Более того, при измерении степени сложности объектов различной природы нельзя ограничиваться лишь «количественным» (синтаксическим) аспектом информации, необходимо использовать и ее семантические, прагматические аспекты[11]. Количество информации в объектах неживой природы достаточно четко характеризует их организованность, упорядоченность, сложность. Но для оценки сложности объектов живой природы необходим

10. А. И. У е м о в. Логические основы метода моделирования, стр. 48.

11. подробнее об этом см.: А.Д. Урсул. Информация. Методологические аспекты. М., 1971, стр. 179.

учет как количества информации, так и ее прагматических свойств. Это отличие в методике информационной оценки объектов живой и неживой природы связано с отсутствием целей в неживой природе. Сравнительные подсчеты информационного содержания в биохимических структурах, одноклеточных организмах, человеческим организме, популяциях, обществе показывают рост, накопление информации. Увеличение количества информации в живых системах связано, как известно, с проявлением закона необходимого разнообразия, с точки зрения которого увеличение внутреннего разнообразия систем ведет к повышению их устойчивости.

Трудность моделирования сложных объектов находит свое решение в постановке выполнимых в данный исторический период задач исследования. В процессе познании, на его определенных этапах, мы можем отвлекаться от внутренней структуры или прагматических функций объекта. Наоборот, в других случаях задачей познания может быть выяснение именно этих фактов. Познание многообразного мира есть бесконечный диалектический процесс.

Примечательно в этом отношении использование функционального метода кибернетики («черного ящика») при моделировании. Как известно, на основе функционального подхода исследуются внешне поведенческие стороны объектов. Сходство функциональных связей позволяет сравнивать внешнее поведение систем, принадлежащих различным уровням, формам движения материи. Такая кибернетическая модель позволяет без предварительного математического описания исследовать сложнейшие функции живых организмов, социальные явления, технологические процессы и т. д.

Однако функциональное моделирование выступает лишь в качестве момента в диалектическом движении познания от функции к структуре. Функциональное моделирование позволяет выразить сложнейшие процессы через количественные отношения, в которых проступает определенное внутреннее содержание познаваемых явлений. Поэтому кибернетическая модель на определенной стадии познания приобретает функционально-содержательный характер. Например, с такой ситуацией мы имеем дело в биологии, где первоначальный функционально-формализованный подход к живым системам приобрета-

ет комплексный кибернетико-физико-химико-биологиче-ский характер.

Важно подчеркнуть, что с повышением количества информации модели эвристическая функция моделирования растет не прямо пропорционально количеству учтенной информации, а по экстремальному закону, т. е. с повышением количества информации модели об объекте-оригинале эффективность моделирования растет лишь до некоторого предела, после которого резко падает. Такое свойство моделирования особенно рельефно проявляется при логико-математическом моделировании, когда каждый уровень организации материи оптимально отражается определенной математической структурой или определенным сочетанием таких структур. Это связано с тем фактом, что объекты различной природы значительно смещены в пространственно-временном отношении и для их моделирования требуются математические структуры, которые обладают соответствующей информационной емкостью*

События в макромире происходят в масштабах человеческих представлений о времени и пространстве (евклидово пространство). Информационная емкость объектов макромира сопоставима с возможностями человеческого восприятия информации, поэтому модели явлений на этом уровне часто отличаются наглядностью, образностью. При математическом моделировании отдельных сторон объектов неживой природы на уровне макромира довольно эффективно используется классический аппарат математического анализа.

Однако моделирование ряда процессов в биологии, экономике, технике, имеющих кибернетическую природу, т. е. связанных с потоками информации и управлением, часто оказывается принципиально невозможным на базе аппарата классического математического анализа. Эти задачи стимулируют развитие новых, более «информационно емких» разделов математики, таких как теория автоматов, теория игр, теория управляющих систем и т. п. Характерной особенностью этих новых разделов математики является их дискретность. Так, если мы рассмотрим, по какому принципу строится иерархическая

---

* Информационная емкость характеризует комбинаторное количество информации пространства

система математических моделей биологии, то не трудно будет заметить, что специфика математического аппарата определяется степенью сложности каждого уровня. Применяемые математические структуры адекватны соответствующим уровням организации живой природы[12]:

1) клетке и субклеточной структуре;

2) организму, системе его органов и их строению;

3) популяции и биоценозам.

Еще более сложной оказывается иерархическая структура моделей биосферы, где приходится учитывать информационные процессы в биогеоценозах и многочисленных связях, существующих между обществом и природой.

Специфика моделирования материальных систем микро- и мегамира обусловливается явным проявлением единства определенности и неопределенности в этих срезах объективной реальности. Вследствие этого становится невозможным определение состояний элементарных объектов с помощью математических структур евклидовых пространств. Для построения моделей движении и субмикромире привлекаются все более абстрактные в отношении топологических и теоретико-групповых структур математические пространства не-метрических разделов математики[13]. В этой области математики, как известно, пространства и структуры не метризуются, т. е. относительно них не делается никаких «наглядных» предположений, что и позволяет приблизиться к адекватному описанию отношений микромира.

Итак, в зависимости от степени сложности объекта существенно меняется характер моделей. Уже на условие макромира учет таких факторов объекта, как структурированность, системность, передача информации, управление, приводит к целому ряду неклассических Моделей. Их отличительной чертой является дискретность используемого математического аппарата, имеющая фундаментальные преимущества перед классической непрерывной математикой в силу большей информационной емкости. Трудности вычислительного характера, с

---

12. А А. Ляпунов, Г. П. Б а г р и н о в с к а я О методологических вопросах математической биологии.

13. См об этом: И. А. А к ч у р и н. Единство естественнонаучного знания М., 1974, стр. 47.

которыми сталкивались в подобных случаях раньше, сейчас успешно преодолеваются, благодаря широкому использованию вычислительных машин. Если при познании объектов макромира происходит последовательная смена одной модели объекта другой, более информационно емкой, и познание предстает перед нами как дискретный процесс смены моделей, то при познании объектов микромира мы имеем нечто другое. Здесь, вследствие особенно глубоко проявляющейся практической необъятности объекта, познание осуществляется взаимодополняющими логико-математическими моделями «не-метрической математики». Рельефное проявление единства определенности и неопределенности в объектах микромира диктует переход к ненаглядным, знаковым моделям.

Можно сделать вывод, что разнообразные виды моделирования позволяют познавать практически все уровни и формы движения материи. Целостность метода моделирования с гносеологической точки зрения определяется тем обстоятельством, что различные виды моделей, являясь ретрансляторами в движении информации от познаваемого явления к исследователю, представляют собой одну из форм опосредствующего звена между субъектом и объектом.

§ 2. Онтологические аспекты метода моделирования.

Онтологической основой моделирования при всем многообразии его видов является единство материального мира. Как справедливо отмечает Б. В. Бирюков, «именно в свете философского принципа единства мира, природы, объясняющего факт сходства структуры, закономерностей, информационных характеристик и поведения различных предметов и явлений действительности, следует подходить к оценке сферы применимости метода моделирования: моделирование возможно — и обычно плодотворно! - везде, где имеет место, упомянутое сходство»[14].

Примечательно, что еще в начале нашего века В. И. Ленин, анализируя работу физика Больцмана, в книге «Материализм и эмпириокритицизм» писал: «Един-

14. Б. В. Бирюков. Кибернетика и методология науки, стр. 19—20.

ство природы обнаруживается в «поразительной аналогичности» дифференциальных уравнений, относящихся к разным областям явлений»[15]. В литературе, посвященной философским вопросам моделирования, на наш взгляд, недостаточно раскрыта методологическая ценность этого положения для осмысления природы метода моделирования. Исходя из данного положения В. И. Ленина, мы попытаемся связать универсальность моделирования с диалектико-материалистическими концепциями монизма и детерминизма. Научные концепции монизма и детерминизма служат основаниями познания субъектом объективной реальности. Только на их основе можно подвести единую философскую базу под метод моделирования.

* *
*

Концепции монизма и детерминизма выстраданы длительнейшим развитием философской мысли.

Мир удивлял первых философов не только своим многообразием, но и тем, что сквозь разнообразие вещей, звуков, цветов, хаоса событий им являлась мировая гармония. Порядок чувствовался в циклической смене дня и ночи, времен года, движении небесных светил и т.п. В жизни многих поколений примером постоянства мог служить и географический ландшафт. Для развития рационального мышления исключительно важно было «дойти» до понятия порядка, позволяющего отделить в окружающем мире устойчивое от изменчивого. Вернер Гейзенберг пишет по этому поводу: «Чтобы понять мир, необходимо установить определенный порядок. Порядок означает выяснение того, что равно. Он означает единство. На основании этого возникает убеждение, что должен существовать единый принцип; но в то же время возникает трудность, каким путем с его помощью объяснить бесконечное многообразие вещей. Если окинуть, взором греческую философию с ее возникновения до момента, когда появилась философия Гераклита, то легко увидеть, что с самого начала она развивалась в процессе борьбы между понятиями единого и многого»[16].

---

15. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 306.

16. В. Гейзенберг. Физика и Философия. М.,. 1963, стр. 41.

В самых первых философских размышлениях милетцев—Фалеса, Анаксимена, Анаксимандра—мир рассматривается как единое гармоничное целое, основу которого составляет определенное первоначало. Видимо, эти представления милетцев о мире уходят своими корнями в глубь истории. Как отмечает Ф. Х. Кессиди, «зачатки представлений о чем-то устойчивом и определенном, постоянном и субстанциональном возникают... в переходный период от первобытнородовой формации к классовому обществу, когда смутные мифологические образы начинают подвергаться рациональному осмыслению и художественной обработке»[17].

Развитие философской мысли существенно повлияло на поиски единства в многообразии. Уже в античности учение Парменида о едином, как не подчиняющемся временным изменениям, было попыткой совершенно по-новому осмыслить абсолютно неизменное в изменяющемся мире. Парменид, как это ни поразительно, не представлял существования пространства и времени в отрыве от единого бытия. Поэтому не случайно учение Парменида о едином часто сравнивают с современным учением физики о четырехмерном континууме, исходящем из теории относительности. Например, К. Вейцзеккер смотрит на современную квантовую механику с точки зрения учения о едином Парменида. Поскольку единое, согласно Пармениду, не покоится и не движется, оно не имеет ни начала, ни середины, ни конца, ни формы, то это дает основание К. Вейцзеккеру сопоставлять такое единое с квантово-механическим объектом[18].

Учение Парменида о едином является в какой-то мере идейной предпосылкой спинозовской субстанции. Вечное существование, пребывание вне потока времени и вне движения характерно для обоих учений. Спиноза предпринял материалистическое обоснование монистического взгляда на субстанцию. «Под субстанцией я разумею то, — писал Спиноза,—что существует само по себе и представляется само через себя, т. е. то, представление чего не нуждается в представлении другой вещи, из которого оно должно было бы образоваться»[19]. Согласно Спинозе,

17. Ф. Х. Кессиди. От мифа к логосу. М., 1972, стр. 114—115.

18. G.F. Weizsacker. Die Einheit der Natur, s. 466.

19. Б. Спиноза. Избр. произв., т. 1, М., 1957, стр. 361.

субстанция, являясь «причиной самой себя», обладает актуальной бесконечностью атрибутов, абсолютна, включает в себя все, что может только существовать в мире, В дальнейшем на основе спинозовской субстанции, была разработана концепция саморазвивающейся материальной субстанции, реализующая глубокий подход к единству мира.

Как известно, еще Гераклит искал единство бытия в «логосе» всех изменений. Стройность мира, его гармоничность, согласно Гераклиту, определяются «божественным логосом», который господствует над всем, «простирает свою власть, насколько желает, всему довлеет и над всем одерживает верх»[20]. Гегель этот «логос» увидел в саморазвитии «абсолютного духа». Идея Гегеля об «абсолютном духе» как о саморазвивающемся по диалектическим законам первоначале всех вещей и явлений природы была «гениальной по содержанию и мистической по форме». Основоположники диалектического и исторического материализма по достоинству оценили диалектику Гегеля, метод его философии и, выбросив мистические схемы его учения, противоречащие материализму, создали фундаментальное учение о бытии: учение о единой материальной саморазвивающейся субстанции.

На основе диалектико-материалистического монизма вещи и явления объективного мира рассматриваются не как хаотически сосуществующие, а как причинно взаимосвязанные, взаимообусловленные. «В мире все без исключения находится во всеобщей взаимной связи, причем эта связь может быть либо непосредственной, ...либо более или менее опосредованной через ряд промежуточных звеньев, число которых может возрастать практически до бесконечности»[21].

Дилемма между однозначной и неоднозначной причинностью, возникшая с появлением квантовой механики, не меняет существа дела, так как в квантовой механике в наиболее четкой форме проявился лишь новый вид детерминистской связи, выразившийся в закономерностях, несводимых к однозначным законам. Проблема совместимости статистики с монизмом, выдвинутая раз-

---

20. Цит. по кн.: Ф. Х. Кессиди. От мифа к логосу, стр. 221.

21. Б. М. Кедров. Научная концепция детерминизма. «Совре¬менный детерминизм. Законы природы». М., 1973, стр. 7.

витием естествознания, находит свое решение только на основе диалектического материализма. С точки зрения диалектического материализма задача здесь сводится к тому, чтобы «диалектически развить высшее слово старого материализма—динамический монизм самодетерминируемой спинозовской субстанции — в статистический монизм, обосновывающий субстанциональность случайности, т. е. объективную принадлежность случайности самой материи»[22].

Теоретическое мышление, формировавшееся в тесной связи с философией, схватывает эту идею. Ведь в философии, наряду с идеей единства мира, возникла и идея бесконечности. Пройдя сложный путь от наивных представлений о бесконечном как неограниченно увеличенном конечном, она постепенно дополнялась более глубоким пониманием, «включающим в себя признание возможности качественной неоднородности бесконечности, существования в мире множества различных структурных уровней материи»[23].

Развитие физики показало, что наши знания о мире, основанные на «здравом смысле», являются справедливыми лишь до некоторого предела. По мере углубления познания в глубь материи появляются совершенно иные, «странные» закономерности. При отсутствии диалектического стиля мышления у исследователей подобные «ломки» во взглядах на объективную реальность чрезвычайно болезненно отражаются в их мировоззрении: возникают всякие идеалистические, мистические спекуляции. Как заметил В. И. Ленин, «реакционные поползновения порождаются самим прогрессом науки»[24].

Человек, находясь под сильным влиянием достигнутого уровня знаний, склонен отвлекаться от бесконечного многообразия объективной реальности и онтологизировать известные представления об упорядоченности природы. В результате возникают всевозможные натурфилософские утверждения о строении мира. И когда развитие науки приводит к смене привычных, онтологизирозанных

---

22. И. Б. Новик. Детерминизм и диалектико-материалистический монизм. «Современный детерминизм. Законы природы», стр. 101.

23. С. Т. Мелюхин, Материя в ее единстве, бесконечности в развитии. М., 1966, стр. 46.

24. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 326.

представлений новыми, то они не воспринимаются, кажутся странными, диковинными.

Именно с такой ситуацией мы сталкиваемся при рассмотрении проблемы объективности неопределенности в научной картине мира. Действительно, кажется парадоксальным, что наука не может обойтись без неопределенности. Представление о том, что наука имеет дело только с определенностью, восходит к классическому учению о причинности, к лапласовскому детерминизму. Однако вместе с квантовой механикой в науку на равных правах с определенностью вошла неопределенность.

Классическая физика, опирающаяся на обыденные представления о времени и математические структуры евклидова пространства, оказалась в тупике при попытках представить атомные процессы на основе классических понятий. Необходимым условием измерения классических переменных в микромире явилось использование соотношения неопределенностей Гейзенберга. С помощью этого соотношения «обычная схема классической физики, объективирующая результаты наблюдения при помощи допущения процессов в пространстве и времени, переносится и в квантовую теорию и применяется здесь, до тех пор, пока она не находит свою принципиальную границу, символизируемую постоянной Планка, сталкиваясь с ненаглядными чертами атомных процессов»[25].

Соотношение Гейзенберга доказывает объективность неопределенности в зависимости от пространственно-временных и импульсно-энергетических состояний элементарных частиц. Определенность пространственно-временного состояния микрочастиц обусловливает неопределенность импульсно-энергетического состояния и наоборот. Определенность и неопределенность явлений микромира составляют неразрывное единство, на основе которого и возможно познание этого уровня организации материи.

Сейчас становится общепризнанным, что взаимная связь определенности и неопределенности имеет универсальный характер и является одной из основ диалекти-

25. В. Гейзенберг, Э. Шредингер, П. А. М. Дирак.. Современная квантовая механика. Л.—М., 1934, стр. 30.

ческого понимания детерминизма практически во всех явлениях мира[26].

Диалектико-материалистическая концепция материальной саморазвивающейся субстанции неразрывно связана с детерминизмом. Ибо развитие необходимым образом предполагает глубокую связь явлений мира, общность их происхождения, единство. И не случайно В. И. Ленин подчеркивал: «...всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом *единства мира,* природы, движения, материи etc.»[27].

Методологическое сопоставление двух ведущих концепций научной философии весьма важно для анализа конкретных форм проявления единства мира. Человеческое мышление, сформированное на уровне макромира, только на основе проявлений единства мира может моделировать, познавать другие уровни организации материи.

* *
*

Установление конкретных форм единства мира является задачей, которую решают (осознанно или неосознанно) все науки. При моделировании весьма важно определение пространственно-временных пределов действия различных форм проявления единства мира. По существу это является трансформацией древней философской проблемы «поиска» субстанции в конкретных вещах, которая сводится к тому, чтобы показать «шествие субстанции через причинность и взаимодействие»[28] в окружающих нас вещах. Еще Левкипп, Демокрит, Эпикур пытались согласовать единое бытие Парменида с очевидностью физического мира. Вернер Гейзенберг, останавливаясь на этом вопросе, пишет: «...при доведении до логического конца идеи о принципиальном единстве приходят к бесконечному неизменному, бес субстанциональному «бытию», которое само по себе не может объяснить все бесконечное многообразие вещей безотно-

---

26. См. об этом В.С. Готт, А.Д. Урсул. Определенность и неопределенность как категории научного познания. М., 1971.

27. В.И. Ленин . Полн. Собр. Соч., т. 29, стр. 229.

28. Гегель. Соч., т. 1. М. – Л., 1929, стр. 260.

сительно к тому, считаем ли мы это бытие материальным или нет»[29].

При метафизическом понимании субстанции, как подчеркнул В. И. Леин в «Философских тетрадях» мысль Гегеля, «У Парменида, как и у Спинозы, не может быть перехода от бытия или абсолютной субстанции к отрицательному, конечному»[30]. Диалектико-материалистическое осмысление единства мира позволяет решить эту проблему. Концепции монизма и детерминизма, выполняя общемировоззренческую функцию, превращают конкретные формы проявления единства мира в методологические инструменты моделирования.

Б. М. Кедров выделяет следующие проявления единства мира: единство вещественного содержания, или состава, различных тел; единство строения различных тел природы; единство свойств у материальных объектов, наличие общих признаков и проявлений их внутренней сущности; единство и общность законов, охватывающих различные явления и вещи в мире; единство формы и содержания как в отношении вещей и явлений природы, так и их законов; единство вещей и явлений как наличие переходов одних в другие, как взаимность их превращений; единство происхождения, или общность генезиса различных вещей и явлений, их видов, свойств, структуры[31].

К перечисленным формам проявления единства мира можно добавить установленные кибернетикой закономерности, определяющие единство процессов управления и переработки информации в объектах различной природы[32], а также обоснованное в результате развития системных исследований такое свойство материи, как системность[33]. Эти формы проявления единства мира составляют основу кибернетического и системного моделирования.

29. В. Гейзенберг. Физика и философия, стр. 41.

30. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 95.

31. Б. М. Кедров. Единство диалектики, логики и теории познания. М, 1963, стр. 124—139.

32. См. об этом: И. Б. Новик. Кибернетика (философские и социологические проблемы). М., 1963, стр. 173—177; Б. В. Бирюков. Кибернетика и методология науки, стр. 18.

33. См. об этом: Ю. А. Урманцев. Симметрия природы и при¬рода симметрии. М., 1974, стр. 93—96.

Единство законов, или функциональное единство мира, играет существенную роль при моделировании. Абсолютизация этой формы проявления единства мира имела место в XVII — XVIII веках при экстраполяции законов классической механики на все мировые процессы. Функциональное единство, проявляющееся на определенных уровнях организации материи, придает физический смысл почти всем видам моделирования. В зависимости от классов законов, которым подчиняются моделируемые объекты, можно выделить:

1)моделирование в условиях жестко детерминированных закономерностей;

2)моделирование в условиях статистических закономерностей;

3)моделирование в условиях неопределенности. Наиболее ярко различия этих видов моделирования

проявляются в используемом математическом аппарате. Так, при первом виде моделирования успешно используются методы теории дифференциальных уравнений. Во втором виде аппарат дифференциальных уравнений становится неэффективным, приходится пользоваться теорией вероятности. Более или менее адекватно третий вид моделирования отображает теория игр.

Существенное значение при моделировании имеет и вещественно-субстратное единство материальных систем. Если функциональное единство можно считать теоретическим основанием моделирования, то субстратно-вещественное единство является необходимым средством физического и натурного моделирования.

При логико-математическом моделировании определяющее значение имеет единство структуры отношений материальных систем. Такое единство является основой получения информации из микро- и мегамира. Именно благодаря этой форме проявления единства мира оказывается возможным выход познания за пределы макромира, его устремленность в бесконечные глубины материи.

Порой эвристическую функцию логико-математического моделирования пытаются представить как таинственный феномен. Например, математик Станислав Улам замечает: «С философской точки зрения, необычно то, что иррациональные математические идеализации ведут

к полезным и конкретным следствиям»[34]. Известный физик Е. Вигнер невероятную эффективность математики в естественных науках считает граничащей с мистикой, ибо, как он пишет, «никакого рационального объяснения этому факту нет»[35].

Бурное развитие логико-математического моделирования способствовало коренному изменению представлений о роли математического аппарата в познании мира, осознанию истинного статута категории отношения в объективной реальности. Согласно диалектико-материалистической точке зрения, даже самые абстрактные математические структуры имеют в конечном итоге определенную генетическую связь со структурами, отражающими макромир. В математике, как и в физике, развитие знания подчиняется принципу соответствия[36]. Математические структуры, возникшие на основе чувственного опыта, вследствие освоения количественных и качественных отношений непосредственно взаимодействующего с человеком «видимого среза» объективной реальности, предстают как относительно самостоятельные, независимые от породивших их факторов развивающиеся идеальные системы. Они обладают своими внутренними закономерностями развития и могут далеко выходить за пределы эмпирически оперируемой субъектом в данный момент области действительности. Внутренние закономерности развития математических структур открываются благодаря теоретическим исследованиям. В силу единства структурных отношений, абстрактные структуры, найденные в теоретических разделах математики, совпадают или коррелируют со структурами объективной реальности. Если структура отношения материальных систем описана математически, то результаты, полученные логико-математическим исследованием этого описания, можно по определенным правилам экстраполировать на объект. Это необходимое условие перехода той или иной математической структуры в логико-математическую модель. На основе определенного совпадения идеальных и реальных структурных отношений познание простирается в глубь материи.

---

34. S. Ulam. The Applicability of Mathematics. "The Mathematical Sciences". Cambridge, 1969, p. 2.

35 Е. Вигнер. Непостижимая эффективность математики в естественных науках. «Успехи физических наук», 1968, т. 94, вып. 3, стр. 536.

36 А. Н. Нысынбаев. Принцип соответствия в математике. «Проблемы истории и методологии научного познания», стр. 170.

Надо полагать, что структуры вещей при их единстве обладают своеобразием, обусловленным их иерархической градацией и многообразием на каждом уровне. Это вытекает из следующих положений:

—вещи, свойства и отношения—едины[37];

—субстратно-вещественное и функциональное единство мира справедливо в конечных пространственно-временных масштабах[38];

—мир материально един.

На наш взгляд, этим объясняется необходимость использования для познания различных уровней организации материи дополняющих друг друга математических структур и невозможность познания всех уровней организации материи одной и той же математической структурой.

Представляется, что научно доказанная возможность познания посредством математических структур различных уровней организации материи, позволяет считать вопрос о своеобразии единства отношений в мире сопоставимым с вопросом об особенностях единства математических структур. Ведь именно благодаря тому, что математические структуры имеют глубокую иерархическую градацию и большое разнообразие, всегда находится математическая структура, которая охватывает выделенную систему и логико-математическое исследование которой дает информацию об этой системе.

Таким образом, онтологическим основанием метода моделирования служат те или иные формы проявления единства мира—единство структур, законов, внешне-поведенческих функций и т. д. На основе единства мира раскрываются конкретные формы объективного соответствия модели и оригинала, выявляются аксиоматические основы того или иного вида моделирования.

---

37 А. И. У е м о в. Вещи, свойства и отношения. М., 1963.

38 С. Т. М е л ю х и н. Материя в ее единстве; бесконечности и развитии, стр. 69.

§ 3. Логические основы метода моделирования

При рассмотрении логических основ метода моделирования явно выражается единство онтологического и гносеологического аспектов. Если гносеологический подход к моделированию акцентирует внимание на акте замещения объекта-оригинала некоторой (в каких-то отношениях более простой, чем оригинал) естественной или искусственной системой (моделью), если онтологический подход, доказывая правомерность такого замещения, «подсказывает» зачастую сам выбор модели, то логический подход сводится к обоснованию путей перевода информации, полученной на модели, в информацию об объекте-оригинале. Правомерность такого перевода определяется объективным соответствием модели и оригинала.

Так как понятие моделирования во всех случаях предполагает существование двух объектов—модели и прототипа, причем таких, что «исследование одного дает возможность делать вывод о другом», то А. И. Уемов считает, что «логическими основаниями метода моделирования могут служить любые выводы, в которых посылки относятся к одному объекту, а заключение—к другому. Такие выводы представляют собой класс умозаключений, охватывающих традиционные выводы по аналогии. Перенос информации с модели на прототип будет выводом по аналогии»[39].

Общность логических основ различных видов моделирования является достаточным условием внутреннего единства этого метода, поскольку многообразие моделей нужно искать не в коренном различии их логических основ (если имеется такое различие, то нельзя говорить о применении метода моделирования), а в различии выполняемых ими эвристических функций, в особенностях получаемой посредством моделей информации.

Это не исключает того, что в разных видах моделирования могут использоваться те или иные типы аналогии между моделью и объектом. Многообразие форм выводов по аналогии определяется характером информации, ко-

39 А. Й. Уемов. Логические основы метода моделирования, стр. 54.

торая переносится с модели на прототип, и оснований, которые делают такой перенос возможным[40].

В качестве аналогий обычно берутся объективно существующие отношения между вещами, их свойствами или отношения иного порядка. Используются различные типы выводов по аналогии—от таких древних, как пардейгмы, до типа изоморфизма.

Исторически первое практическое использование аналогия нашла в технике, в теории подобия. Использование моделей, основанных на геометрическом подобии объектов, уходит в глубь веков. Возникновение дифференциального исчисления и развитие других аппаратов математики открыло для исследователей гораздо более широкий класс подобных явлений в окружающем нас мире. Идеи подобия, исходящие из аналогичности явлений одинаковой физической природы, благодаря этому приобрели теоретический характер, стали классической основой метода моделирования.

Теория подобия была создана Исааком Ньютоном, который доказал первые две теоремы о подобии. Велики заслуги в развитии и обобщении теории подобия для различных областей техники Бертрана, Фруда, Рейнольдса и др. Важный вклад в развитие теории подобия внесли Т. А. Афанасьева-Эренфест, М. В. Кирпичев, Л. И. Седов, И. А. Михеев.

В настоящее время приложение теории подобия к задачам моделирования электрических систем развивается школой В. А. Веникова[41]. Предпринимаются оригинальные попытки создания теории обобщенного моделирования, или интегрального подобия, в котором устанавливаются отношения между некоторыми функциями процесса без выявления количественной характеристики связей между текущими параметрами процесса в модели и оригинале[42].

---

40 А. И. У е м о в. Логические основы метода моделирования, стр. 74.

41 См. В. А. Веников. Теория моделирования и ее развитие в работах проблемной лаборатории электрических систем.

42 См. В. М. Брейтман. Основные представления, лежащие и основании теорий интеграформ и методов обобщенного моделировании. «Докл. V межвузовской конф. по физическому и математическому моделированию». Секция «Общие вопросы метода моделирования», м., 1968.

Наиболее строгим требованием общности модели и оригинала является их изоморфизм. Как известно, две системы считаются изоморфными, если элементы, связи и отношения между элементами одной системы находятся во взаимно-однозначном соответствии с элементами, связями и отношениями другой. Изоморфизм имеет существенное значение при логико-математическом моделировании и при моделировании на цифровых вычислительных машинах (ЦВМ). На основе изоморфизма структурных отношений посредством логико-математического моделирования удается познать различные уровни организации материи.

При моделировании на ЦВМ реализуется изоморфизм между математической структурой исследуемого объекта и программой машины, выраженной в численном алгоритме (язык программирования). И «большая универсальная цифровая вычислительная машина замечательна именно тем, что при соответствующем программировании она может стать изоморфной любой динамической системе»[43].

До последнего времени считалось общепризнанным, что поскольку изоморфизм означает тождество формы, то он возможен только лишь между абстрактными системами. Благодаря работам Ю. А. Урманцева, сейчас можно утверждать, что любой объект природы является, с одной стороны, представителем тех или иных полиморфических множеств, с другой — изоморфичным ряду объектов других полиморфических множеств[44]. Согласно Ю. А. Урманцеву, изоморфизмы выводятся как неизбежные проявления системной организации объектов. Более того, в рамках общей теории систем Ю. А. Урманцева предвидятся неизбежные изоморфизмы между системами самых различных форм движения и самых различных форм существования материи. Этот вывод получил замечательное подтверждение. В частности, с его помощью удалось объяснить сходство между гомологическими рядами наследственной изменчивости позвоночных животных и высших растений и гомологическими рядами спиртов и углеводородов. Не-

43 У. Р. Э ш б и. Введение в кибернетику, стр. 141.

44 Ю. А. У р м а н ц е в. Симметрия природы и природа симметрии, стр. 94—96.

сомненно, вывод о возможности изоморфизма (соответствий, симметрии) между различными системами открывает большие перспективы для научно обоснованного поиска их моделей.

При моделировании довольно часто (особенно после появления функционального метода кибернетики) используют и менее строгое требование к общности модели и оригинала—отношение гомоморфизма. При гомоморфизме отношения между двумя системами не являются взаимно-однозначными. Оригинальную характеристику гомоморфизма дал математик Д. Пойя: «Гомоморфизм есть своего рода систематический сокращенный перевод. Оригинал не только переводится на другой язык, но и сокращается... Тонкости при этом сокращении могут быть потеряны, но все, что есть в оригинале, чем-то представлено в переводе, и в уменьшенном масштабе соотношения сохраняются»[45].

Как уже было отмечено, в основе кибернетического моделирования лежит сходство не вещественных субстратов, не внутренних причин отношений, а внешних функциональных связей модели и моделируемого объекта. Для обозначения такого вида объективного сходства модели и моделируемого объекта И. Б. Новиком предложен термин «изофункционализм»[46]. Изофункционализм характеризует применение понятия изоморфизма отношений именно в области внешних функциональных связей модели и моделируемого объекта со средой.

Модель по отношению к реальному объекту в целом выступает его гомоморфной копией, хотя по отношению к определенным свойствам, структуре отношений, внешне-поведенческим функциям она может быть и изоморфной. Поэтому эволюция моделей исследуемых объектов идет по пути все большего обогащения, накопления информации, перехода от гомоморфных к изоморфным моделям.

Некоторым исключением из этого являются натурные модели, которые широко используются в биологии, науках о Земле и т. д. Натурные модели, выполняющие

45 Д. Пойя. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957, стр. 49.

46 И. Б. Новик. Философские вопросы моделирования психики, М., 1969, стр. 46.

важную функцию на эмпирическом уровне познания, по своей сложности сопоставимы со сложностью прототипов.

Однако, на наш взгляд, гносеологическая ценность моделирования заключается в возможности упрощенного представления объектов реальности посредством разнообразных искусственных моделей. И не случайно ведущей особенностью развития метода моделирования в современной науке является возрастание роли знаковых моделей, повышение степени абстрактности форм перехода от модели к оригиналу. Для отображения действительности на теоретическом уровне это обстоятельство имеет определяющее значение.

* *
*

Итак, можно сделать вывод, что все виды моделирования являются ретрансляторами в движении информации от объекта к субъекту. Онтологическим условием этого служит единство материального мира, определенная объективная общность модели и оригинала, логическим основанием — выводы по аналогии. На основе метода моделирования можно познать явления в различных пространственно-временных масштабах. Разумеется, это совершенно не означает, что один и тот же вид моделирования может быть применен на всех структурных уровнях организации материи. Моделирование приобрело статус гносеологической категории и является универсальным в том смысле, что человек зачастую не может познать мир иначе, чем путем той или иной формы опосредствования. Универсальность отдельных видов моделирования всецело зависит от пределов действия тех или иных законов и структурных отношений в материальном мире. Многообразие форм соответствия модели и оригинала (изоморфизм, гомоморфизм, доказательная аналогия) исходит из проявления различных сторон единства материального мира. В возможности варьирования в довольно широком диапазоне форм объективного соответствия модели и прототипа и кроется одна из причин широкого распространения метода моделирования.

ГЛАВА III

СИНТЕЗИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Многогранная синтезирующая функция моделирования обусловливается общностью логико-гносеологического, понятийного аппарата этого метода, определенным единством внутренних механизмов объективных процессов. Синтезирующая функция моделирования реализуется через различные каналы. Но можно выделить следующие взаимно пересекающиеся пути синтеза знаний, связанные с методом моделирования.

Прежде всего, следует отметить значение метода моделирования в теоретическом синтезе знаний, т. е. в создании теорий, теоретических систем как внутри той или иной науки, так и внутри целых научных направлений. Далее следует выделить роль моделирования в усилении процесса формализации языка науки, в так называемом «формальном синтезе» знаний. Понятия «теоретический» и «формальный» синтез знаний, несмотря на кажущуюся самостоятельность, являются характеристиками единого интегративного процесса, происходящего в современной науке. Если первое акцентирует внимание на тенденции установления генетической или содержательной связи между различными областями научного знания, то второе обращает внимание на единые приемы, способы познания и тенденции формализации языка науки.

Наконец, важно подчеркнуть синтезирующую функцию метода моделирования при оптимизации различных аспектов человеческой деятельности.

§ 1. Моделирование и теоретический синтез знаний

Известно, что научная теория выступает как высшая форма организации знаний, как «обусловленный самим процессом роста знаний механизм его синтеза»[1]. Теория связывает в единую целостную систему разрозненные

1 Л.Б. Баженов. Строение и функции естественнонаучной теории. «Синтез современного научного знания», стр. 300.

знания об исследуемом фрагменте объективной реальности. По мере развития знаний происходит обобщение теорий, осуществляется переход от менее общей теории к более общей. Этот переход основывается на целостности исторического процесса познания и, как известно, регулируется принципом соответствия.

Существенная связь наблюдается между теориями, объясняющими качественно различные формы движения материи. Возможность сведения теорий, физики, химии, биологии к единой интегральной теории природных процессов исходит из единства материального мира. Как уже было отмечено, такой синтез теорий называют генетическим синтезом знаний или синтезом оснований научного знания.

Методу моделирования принадлежит важная роль в теоретическом синтезе знаний. Ведь модель выполняет не только «реализационную функцию» в проверке положений существующих теорий. Довольно часто моделью оперируют именно тогда, когда теории еще нет, и она является «строительным лесом», зародышем новой теории. Поэтому трудно согласиться с утверждением, что «модель отражает лишь определенную теорию, является некоторой формальной структурой теории, ее некоторой копией»[2]. Это противоречит практике научного познания.

Взаимоотношение модели и теории весьма гибкое, и если в одних случаях модель отражает ту или иную теорию, то в других теория представляет собой развившуюся модель. Наличие модели часто является важнейшим условием и средством детерминации теории. В поступательном развитии познания из множества модельных гипотез вырастает новая теория. Теория возникает не как однозначное, прямолинейное восхождение от незнания к знанию, а как статистический результат взаимодействия различных моделей. Это подтверждает характерную для интеллектуального климата нашего времени статистическую трактовку познавательного процесса, согласно которой теория предстает как относительный инвариант множества модельных проекций определенного среза реальности.

Для анализа взаимоотношения модели и теории необходимо учитывать существующие представления о видах

2. P. A c h i n s t e i n. Concepts of Science. A philosophical analysis. Baltimore, 1968, p. 237.

и структуре научной теории. Принято выделять следующие типы теорий[3]:

—описательные;

—математизированные;

—дедуктивные, строящиеся в особых формальных языках.

В последнем типе различают аксиоматические, конструктивные и гипотетико-дедуктивные[4].

Естественно, что при создании различных теорий используются не одни и те же виды моделирования, не совсем совпадают при этом и функции моделей. В случае описательных теорий имеют дело с физическими и натурными моделями. Например, павловская теория условных рефлексов базируется на интерпретации фактов, полученных на био-биологических моделях. Математизированные теории основываются на знаковых моделях, которые отображают наблюдаемые непосредственно или благодаря эксперименту процессы в объекте-оригинале. Такие модели изменяют форму выражения знания, способствуют унификации, обобщению и формализации качественных понятий. К их числу относятся математические модели в классической физике, технике, экономике, бионике и т. д. Дедуктивные теории создаются на основе определенной системы аксиом, постулатов. В этих теориях существенна роль аппарата выведения — логических, математических законов. Различия между типами дедуктивных теорий заключаются в своеобразии установления связей исходных оснований теории с объективной реальностью. Если учесть, что логико-математическая модель имеет примерно такую же структуру, как дедуктивная теория, то порой весьма трудно разграничить модель и теорию. Например, создание теории элементарных частиц тесно связано с проблемой выбора математической структуры, адекватной структуре отношений элементарных частиц. Диалектический путь логического познания от аб-

3. М. В. Попович, В. Н. Садовский. Теория. «Философская энциклопедия», т. 5, М., 1971, стр. 206.

4. В литературе известны и другие классификации. При некоторых различиях в них выделяются в той или иной последовательности эти же типы теорий. Можно отметить, например, классификации А. А. Ляпунова и Л. Б. Баженова. См. А. А. Ляпунов. О некоторых особенностях строения современного теоретического знания. «Вопросы философии», 1966, №5, стр. 39—42; Л. Б. Баженов. Строение и функции естественнонаучной теории, стр. 396.

страктного к конкретному, как отмечает И. Б. Новик, «часто выступает в современной физике как путь от абстрактной математической модели к физической теории, дающей конкретную интерпретацию модели и выражающей физическим языком самую суть процесса, схваченную еще до этого в особенностях математической модели»[5].

Если при создании описательных и математизированных теорий модели выполняют преимущественно «конструкционную» функцию, то при создании дедуктивных теорий модель не только служит ее «строительным лесом», но и довольно часто предварительно выполняет все функции теории — объяснительную, предсказательную, синтезирующую. Логико-математические модели вследствие абстрактности, формализованности их исходных положений по объяснительной, предсказательной, синтезирующей силе сопоставимы с теорией.

Научное познание основывается на абстрагировании. «Мы не можем, — писал В. И. Ленин в «Философских тетрадях», — представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого. Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление, — и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения, но и всякого понятия»[6]. Из того факта, что абстрагирование пронизывает весь познавательный процесс, следует необоснованность резкого противопоставления модели и теории.

В любой модели, как и в любой теории, имеются элементы абстракции; только в модели абстракции присутствуют в четко обоснованном виде — иначе невозможно «перевести» знание модели в знание оригинала. В теории же абстракция существует всегда, но часто в неявном виде. Осознание неизбежности момента упрощения, неполноты в любой познавательной форме ликвидирует резкую грань между относительно упрощенно описывающей явление моделью и относящейся к тому же кругу явлений теорией.

---

5. И. Б. Н о в и к. Наглядность и модели в теории элементарных частиц. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., 1563, стр. 317.

6. В. И. Л ен и н. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 233.

Модель, подобно теории, служит инструментом для предсказания до сих пор не наблюдавшихся событий[7].

Логико-математическое моделирование играет определяющую роль в наметившемся генетическом синтезе знаний. Сейчас такой синтез связывается с проблемой поиска абстрактных структур из не метрических разделов математики[8]. Считается, что создание общего основания естествознания реально лишь при отображении качественного своеобразия явлений физики, химии, биологии на уровне элементарных частиц в определенном абстрактном математическом пространстве. При небходимом содержательном истолковании таких описаний создание единого теоретического основания естествознания не иллюзия, а достаточно обоснованный методологический прогноз.

Здесь важно отметить, что логико-математические модели, становясь теорией или выполняя роль предварительной, эскизной теории, осуществляют синтез оснований всего естествознания. Возрастание роли логико-математического моделирования в познании глубинных «срезов» объективной реальности отнюдь не означает, что основу мироздания составляют «математические формы». Подобные взгляды, если учесть объективность структурных отношений в материальном мире, выглядят наивным пифагореизмом.

При рассмотрении взаимоотношения модели и теории особое значение приобретает обоснование полноценности, объективности модельного знания. С неопозитивистской точки зрения модель есть произвольное орудие упорядочения чувственного многообразия, удобный прием, позволяющий перебросить мост от произвольной аксиоматической теории к опыту[9]. Неверные представления о модельном знании, как о знании неполноценном, имеющем условный и произвольный характер, исходят из метафизической апологии роли субъекта в научном познании.

Фундаментальное значение при моделировании имеет выбор, определение структуры модели. Во времена классической науки не оспаривалось, что выбор, построение

---

7. Н. М. Мамедов, И. Б. Новик. Кибернетическое моделиро¬вание и проблемы оптимизации, стр. 241.

8. См. об этом: И. А. А к ч у р и н. Единство естественнонаучного знания, стр. 150.

9. R. Braitwaite. Scientific explanation. Cambridge, 1953, p.93

модели, ее идея основываются на индукции. Однако теперь нельзя утверждать, что модель можно создать, полагаясь только на индукцию. Большинство великих физиков нашего времени на основе собственного опыта особо подчеркивают роль интенциональности сознания и интуиции в возниковении той или иной научной идеи. Поэтому попытки полного формально-логического анализа процесса моделирования (включая и выбор модели) наталкиваются на «иррациональные моменты» научного творчества… «Тайна» возникновения исходной идеи, вида, формы, структуры модельного представления исследуемого среза объективной реальности вызывает бурные философские треволнения. Так, познание негеоцентрических миров абстрактными логико-математическими моделями в буржуазной философской литературе порой пытаются представить как несомненные доказательства иррационального характера научного познания. Подобный вывод возможен при отвлечении от тех объективных источников, которые мотивируют и определенным образом контролируют активность субъекта, его способность выбрать метод познания.

Вопрос об объективности научного знания, в частности модельного, не может быть решен в рамках односторонних философских учений. Только принципы диалектического материализма позволяют раскрыть природу отображения материи в мысли, основания развития научного знания в соответствии с закономерностями природы.

Возникновение идеи той или иной модели аналогично возникновению идеи теоретических конструктов естественнонаучных теорий. Формально-логическим путем невозможно обосновать ни выбор той или иной модели, ни теоретические конструкты. Выбор модели является творческим процессом, в ходе которого активную роль играют интуиция исследователя, его воображение.

В. И. Ленин считал, что «и в самом простом обобщении, в элементарнейшей общей идее... *есть* известный кусочек фантазии... Нелепо отрицать роль фантазии и в самой строгой науке...»[10]. Для выяснения места фантазии в процессе отображения материи в мысли следует обратить особое внимание на роль отдельных областей психики. Установлено, что формирование идеи начинается в

10. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 330.

области бессознательного, где сосредоточены относительно неизменные мотивы человеческой деятельности. Согласно Д. Н. Узнадзе, возникновению сознательных психических процессов предшествует состояние, которое он назвал установкой. Установка—это готовность субъекта к определенной активности. Возникновение установки зависит от наличия потребностей субъекта и от объективной ситуации удовлетворения этих потребностей[11].

Объективная действительность оказывает опосредованное воздействие на досознательные моменты психического акта, формируя ту или иную установку субъекта. Этот процесс происходит через некоторое время и зависит от устойчивости предшествующей установки.

На важную роль бессознательного момента в формировании предмета мышления обращает внимание швейцарский психолог К. Г. Юнг. Он ввел для инстинктивных представлений такое понятие, как «стихийные образы», или «архетипы». Исследования досознательной «архаической» ступени познания показали, что на этой ступени вместо ясных понятий возникают различные метафорические ассоциации. В мире, символических образов, в котором находится психика, в области бессознательного, архетипы действуют как упорядочивающие операторы, как связующее звено между чувственным восприятием и логическим мышлением.

Архетипы не неизменны. В. Паули, специально рассмотревший влияние архетипических представлений на формирование естественнонаучной теории, считает, что сущность процесса развития человеческого познания составляет обратное воздействие сознательного на образы бессознательного, в свою очередь не отделимого от воздействия этих образов на сознательное[12].

Другим важным моментом творческой деятельности является интуиция. Интуиция—это путь познания истины, опосредованный приобретенным ранее знанием. В процессе освоения данных опыта, предшествующего знания, на основе конкретной целевой установки, после многочисленных проб и ошибок в мышлении исследователя возникает качественный скачок, «озарение», неожиданно всплывает путь решения проблемы.

11. Д. Н. Узнадзе. Психологические исследования. М., 1966.

12. В.Паули. Физические очерки. М., 1975, стр. 43.

Можно сказать, что мышление благодаря интуиции, установке, архетипам предстает как диалектическое единство непосредственного и опосредованного отображения объективной реальности. Поэтому представляются совершенно не обоснованными мистификация процесса создания моделей и отрицание соответствия между модельным знанием и реальностью. Это ведет по существу к отрицанию объективности научного знания.

При моделировании явно проявляется невозможность раздельного существования субъектов: гносеологического и индивидуального. Индивидуальный субъект становится гносеологическим, общественным субъектом как только начинает использовать в своем творчестве основные принципы моделирования, уходящие в глубь веков. Более того, чтобы создать модель того или иного явления, должны быть известны конкретная цель исследования, определенные знания об объекте, «знание о незнании», принципы и средства моделирования и т. п. Поэтому научная модель, проверенная практически, есть не индивидуально-психологический, а общественно-исторический, объективный результат развития науки. И в этой связи очевидна бессмысленность трактовки роли интуиции, установки, архетипов в моделировании в духе рецидива гносеологии Платона. Объективность модельного знания обусловлена прежде всего тем, что любая модель, являясь самостоятельным предметом исследования, есть и определенное отражение, «гносеологический образ» (в смысле В. А. Штоффа)[13] объекта оригинала. Модели одного и того же явления, созданные различными учеными с одинаковой целью, хотя и могут отличаться своим видом, материальным воплощением, обязательно имеют и нечто идентичное, заключающееся в «схватывании», отображении инвариантных аспектов реального объекта.

Возможность создания многообразных моделей одних и тех же явлений зависит от сложности объектов познания, их полисистемности. Скажем, биосферные процессы могут быть интерпретированы в системе химических, физических, математических моделей. Определенную роль при выборе типа модели, ее материального субстрата играют и наклонности исследователя, и установившийся интеллектуальный климат, и экономические соображения.

---

13. В. А. Ш т о ф ф. Моделирование и философия, стр. 149.

Например, в одних случаях удобнее пользоваться физическими, в других — аналитическими, знаковыми моделями и т. д.

Наличие инвариантных моментов в различных по своей структуре и субстрату моделях одного и того же объекта показывает возможность отображения реальности различными путями. Эти модели могут отличаться исходными конструктами и нести соответственно различные онтологические нагрузки. Теоретические описания, возникающие на основе таких моделей, могут оказаться лишь экстенсионально эквивалентными, но интенсионально различными[14]. Тем не менее, как справедливо отмечал И. В. Кузнецов, «различию в выборе начального, исходного пункта отвечают не принципиально разные структуры теоретической системы, а разные пути или способы вхождения нашей мысли фактически в одну и ту же структуру. Во всяком случае, перед нами будут изоморфные модификации той же самой структуры»[15].

Итак, субъективистская трактовка природы метода моделирования, представляющая модельное знание как произвольное построение, противостоящее теоретическому знанию, лишена всякого смысла. Познание есть единый процесс, и нельзя вырывать из него отдельные составляющие, представлять их произвольным, неполноценными формами знания. Объективность модельного знания является необходимым условием создания теории системы объекта.

§ 2. Моделирование и «формальный» синтез знаний

Посредством моделирования «формальный» синтез знаний реализуется вследствие широкого использования в этом методе различных приемов абстрагирования. Практически все виды моделирования основываются на абстрагировании и способствуют в той или иной мере формализации знаний.

К интенсивной разработке приемов абстрагирования привело несовпадение информационной емкости объектов познания и возможностей человека «перерабатывать»

14. Э. М. Чудинов. Эквивалентные описания и парадокс альтернативных онтологий в физике. Тез. сообщений VII Всесоюзного симпозиума по логике и методологии науки. Киев, 1976, стр. 196.

15. И. В. Кузнецов. Избранные труды по методологии физики. М., 1975, стр. 95

отображаемую информацию. Сложность познания, связанная с различиями между информационной емкостью объектов и реально возможным учетом количества информации о них, находит свое решение в использовании моделирования, в котором воплощается диалектический принцип конкретности. Модель как научная абстракция — важнейшее промежуточное звено, связывающее субъект и объект.

Необходимым условием моделирования является требование, согласно которому модель должна быть упрощенной копией оригинала. Упрощение объекта диктуется трудностью адекватного отображения взаимосвязи явлений в понятиях и представлениях субъекта. Впервые с этой проблемой столкнулись еще в античности, при первых попытках осмысления мира. Известно, что Гераклит эту проблему попытался решить, используя особый язык описания явлений. Так, чтобы объективную диалектику мира, «объективный логос», отобразить в мышлении, в «субъективном логосе», Гераклит соединял в одном предложении противоположные образы и понятия. Для этого находил в языке одинаковые по звучанию и по корню, но разные по смыслу слова[16]. Гераклитовский метод отображения движения мысли художественными сравнениями, игрой слов с точки зрения современного научного языка — обход главной проблемы: описания в логике понятий противоречивой сущности вещей. Эта проблема была впервые остро поставлена элеатами, особенно Зеноном Элейским в его знаменитых апориях. Научное познание не могло пойти иным путем, кроме разделения связанных в действительности явлений природы, относительно независимого их рассмотрения.

При ограничении количества информации объекта с целью создания его модели определяющую роль играют абстракции: упрощение, идеализация, мысленное выделение части и отвлечение от целого, отвлечение от изменения и развития и т. д.[17] Сам же акт моделирования основывается на абстракции отождествления, которая конкретизируется через подобие, гомоморфизм, изоморфизм и т. д. Рассматривая «работу» различных абстракций при

16. См. об этом: Ф. Х. Кессиди. От мифа к логосу, стр. 175— 189.

17. Подробнее о видах абстракции см.: Д. П. Горский. Вопросы абстракции и образование понятий. М., 1961.

моделировании, В. А. Штофф приходит к обоснованному выводу: почти все виды абстракций и абстрагирования осуществляются с помощью моделей. «Разумеется, в какой-нибудь одной модели нельзя обнаружить наличие всех типов абстракций вследствие взаимной несовместимости некоторых из них, однако фактом является возможность осуществления подобных абстракций на уровне моделей[18]. При моделировании применение научной абстракции имеет и свою специфику. Если для образования понятий, идеализированных объектов в принципе достаточен один какой-либо вид абстракции, то для осуществления процесса моделирования должно быть реализовано по меньшей мере двойное абстрагирование: во-первых, для образования абстрактного или идеализированного объекта — модели; во-вторых, для осуществления абстракции отождествления.

С точки зрения интеграции знаний представляет самостоятельный интерес рассмотрение единых принципов научного абстрагирования, позволяющих переходить «от живого созерцания к абстрактному мышлению...»[19] в случае любых объектов, и единой теории абстракции отождествления, т. е. единой логики «переноса» знаний модели на оригинал.

Наиболее распространенный вид абстракции, упрощения, широко используемый при моделировании сложных систем, — это аппроксимация и дискретизация (квантование). Д. Н. Хорафас, отмечая роль аппроксимации для создания математической модели сложной системы, справедливо считает, что «если абстракция является первым фундаментальным аспектом математического моделирования, то вторым аспектом можно считать характер аппроксимации»[20] С возрастанием сложности исследуемых объектов значение фактора аппроксимации неизмеримо возрастает. Это, конечно, не означает, что посредством аппроксимации можно свободно познать объект любой сложности. Аппроксимация не складывается стихийно, а сознательно вносится в познавательный акт,

18. В. А. Штофф. Моделирование и философия, стр. 154.

19. В.И.Лени и. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 152.

20. Д. Н. Хорафас. Системы и моделирование. М., 1967,стр. 27.

целенаправленно планируется на основе объективных свойств объекта и конкретной цели познания.

В методологическом плане аппроксимирующая способность познающего субъекта получает обоснование в концепции квантования[21]. При этом, собственно, проявляется одна из особенностей интеллектуального климата нашего времени: рассмотрение объективной реальности под углом дискретности, прерывности.

Единство прерывности и непрерывности пронизывает самые различные явления природы. Это единство мы можем встретить и в механизме восприятия человеческого глаза, и в природе музыки, и в излучении атомов, оно проявляется и в накоплении человеком знаний. Представление о единстве прерывности и непрерывности становится важнейшим общепознавательным приемом в науке. Известны исследования, посвященные разработке методов на основе концепции квантования, посредством которых предполагается выяснить взаимное отношение явлений самой различной природы[22]. Стремление человека к приспособлению объективных процессов природы к своим познавательным возможностям прекрасно выразил поэт:

«Пусть туча медленней пройдет над вами,
Пусть медленней течет река. И пусть,
Весь мир на капли разделив глазами, .
Я каждую запомню наизусть»[23].

Но это стремление может найти основания в научном познании, если не ведет к искажению объективных процессов природы. Возможность деления какого-либо объекта на части, элементы предполагает наличие разделенных объективными процессами или отношениями этих частей, элементов. Делимость есть выражение объективно существующей дискретности, и задача заключается в том, чтобы «вскрыть соотношение между делимостью, дискретностью и непрерывностью объектов, явлений и процессов»[24].

При произвольном делении объекта в мысли мы рис-

---

21. И. Б. Новик. Вопросы стиля мышления, стр. 36.

22. См об этом: D. H. Andrews. Quantization as an integrative concept. "Integrative principles of modern thought, p. 70.

23. С а м е д В у р г у н. Избранное. Баку, 1976, стр. 57.

24. М. Д. Ахундов, 3. М. О р у д ж е в. Единство прерывно¬сти и непрерывности в процессе познания. «Анализ научного зна¬ния». М., 1970, стр. 100.

куем исказить его свойства, являющиеся результатом особой взаимосвязи частей. Ведь целостность объекта — это возникший вследствие взаимодействия и взаимообусловленности элементов их интегральный результат[25]. Квантование должно основываться на фиксировании таких отличительных свойств, связей элемента, в силу которых он является частью какой-то системы, и которые имеют значение лишь при рассмотрении отношения координации элементов внутри этой целостности. Так понятый принцип квантования в какой-то мере совпадает с понятием анализа вообще.

При моделировании сложных процессов на цифровых вычислительных машинах ЦВМ идеи единства прерывности и непрерывности оказались исключительно плодотворными. Само поразительное быстродействие ЦВМ, как известно, стало возможным именно благодаря реализации дискретного решения математических зависимостей. Норберт Винер, формулируя основные требования к разработке вычислительных машин, на первое место поставил условие: «Центральные суммирующие и множительные устройства должны быть цифровыми, как в обычном арифмометре (т. е. дискретными по принципу действия. - Н. М.), а не основываться на измерении, как в дифференциальном анализаторе Буша»[26]. Дискретный принцип действия ЦВМ позволяет любое математическое описание (характеризующее и непрерывный процесс) сводить посредством соответствующего языка программирования к «численному образу».

В реализации идей единства прерывности и непрерывности при моделировании сложных объектов ведущую роль призвана выполнять теория систем. Посредством приемов системного анализа на ЦВМ удается моделировать взаимосвязь, взаимоотношение элементов объекта. Если раньше методологическая установка разностороннего подхода к сложным объектам была практически плохо реализуемой, то теперь в связи с развитием различных вариантов теории систем и средств моделирования такое требование становится вполне реальным. Принципы системного анализа и быстродействующие вычислительные

25. Н. Т. Абрамова. Целостность и управление. М., 1974,.стр. 39.

26. Н. Винер. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М., 1958, стр. 14.

машины позволяют моделировать взаимодействие отдельных элементов объекта и всего объекта со средой, что позволяет ожидать глубокий, всесторонний подход к явлениям мира, открывающий, несомненно, новую ступень в возможностях человеческого познания. Такое комплексное моделирование, учитывая ведущую в нем роль системных представлений, в литературе справедливо называют «системным моделированием»[27].

На основе системного анализа изучаемый объект различной природы «делится» на ряд элементов и процессов, каждый из которых образует естественное подразделение целостной системы. Выделенные подсистемы могут быть раздельно описаны математическими уравнениями. Дальнейшая задача сводится к «переводу» этих уравнений на язык машины и к одновременному их решению. Диалектический переход от дискретных моделей отдельных «срезов» объекта к целостной, комплексной модели объекта подтверждает глубокое единство дискретного и континуального в процессе познания. Это доказывает, что моделирование континуального требует в методологическом отношении сведения непрерывного к прерывному, создания дискретных моделей отдельных сторон объекта и последующего комплексного моделирования взаимодействия этих моделей. При системном моделировании осуществляется значительный скачок от «абстрактного к конкретному», поскольку происходит одновременное воспроизведение взаимодействия ряда частных моделей объекта. Системное моделирование более «конкретно», чем обычное моделирование, хотя, 'конечно, нельзя абсолютизировать этот момент. Во-первых, сама системная модель в результате получения новой информации обогащается, «детализируется», т. е. учитывается множество ранее неизвестных или просто неучтенных факторов и т. д.; и, во-вторых, в зависимости от целей исследования может быть создан целый ряд взаимодополняющих системных моделей одного и того же объекта. Так что особенности перехода от «абстрактного к конкретному», характерные для обычных моде-

---

27. А. И. Уемов. Метод моделирования и системный анализ. Доклады Всесоюзной объединенной межвузовской конференции по физическому моделированию (VI) и кибернетике энергетических систем (II), Баку, 1972, стр. 32.

лей[28], сохраняют свою силу и при системном моделировании.

Единство прерывности и непрерывности в материальных системах является онтологической предпосылкой развития формализации[29]. Формализация в самом общем виде — это «уточнение содержания, производящееся посредством выявления его формы»[30]. С методологической точки зрения представляет интерес, когда тот или иной вид формализации может считаться моделью. Определенная общность модели и знака заключается в том, что любая формализация, как и любая модель, получена в результате абстрагирования. Однако, чтобы та или иная совокупность знаков стала моделью, т. е. позволила получать определенную информацию о прообразе этих знаков, должны быть выполнены дополнительные условия, например, наличие в системе знаков определенной структуры, изоморфной (или гомоморфной) структуре самого объекта. Формализация, стало быть, является предпосылкой знаковых, математических моделей.

Формализация ныне приобретает черты общенаучного явления и все больше оказывает влияние на развитие научного познания. Б. В. Бирюков, выясняя, по каким линиям пролегает идущая от формализации тенденция к синтезу знаний, справедливо отмечает, что «одна из таких линий — это то обобщение, которое всегда заключено в применяемом в данной области точном языке, а ...формализация — это прежде всего точный язык»[31].

Резкое усиление формализации научного знания объясняется возникновением новейших вычислительных средств и математических методов исследования. Современный этап формализации определяется такими направлениями в науке, как кибернетизация и широкое использование системно-структурного подхода. Каждая из них оказывает весьма сильное влияние на процесс формализации. Появление кибернетики можно считать началом новой ступени в процессе формализации знаний. Кибернетика произвела существенные изменения в методах и структуре классических научных направлений, сущест-

---

28. См. об этом: В. А. Ш т о ф ф. Моделирование и философия, стр.165
29. См. Об этом в кн.: «Гносеологические проблемы формализа-ция». Минск, 1969, стр. 29.
30. Б. В. Бирюков. Синтез знания и формализация. «Синтез современного научного знания», стр. 449.
31. Там же, стр. 454. 66

венно усовершенствовала формализованный подход, создав его новый вид — «функциональное абстрагирование».

Ф. Энгельс так характеризовал применение математики: «...в механике твердых тел абсолютное, в механике газов приблизительно, в механике жидкостей уже труднее; в физике больше в виде попыток и относительно; в химии простейшие уравнения первой степени; в биологии = 0»[32]. Такое положение в науке XIX века объясняется тем, что методы математики, возникшие преимущественно из потребностей механики, оказывались не способными описывать сложнейшие явления химии, биологии, социологии и других наук. Особую трудность при математизации составляла необходимость оперирования «информацией, характеризующей не количественные, а только качественные аспекты явлений»[33]. Дальнейшая математизация сдерживалась из-за отсутствия необходимых математических методов и недостатка «фундаментальных идей», позволяющих использовать формализованные подходы в химии, биологии и других науках. Развитие знания на основе классических приемов исследования, возникновение новых разделов математики положительно сказались на математизации. Поистине же революционные изменения в математизации наук произошли вследствие появления кибернетического моделирования и вычислительных машин. Методы кибернетического моделирования позволили свести сложнейшие процессы к таким количественным отношениям, в которых проступает определенное внутреннее содержание моделируемых явлений. Это способствовало применению математики в областях, ранее не доступных математизации. Основной причиной широкого распространения кибернетического моделирования является универсальность ведущего понятия кибернетики: «сложная динамическая система». На базе этого понятия кибернетика выработала соответствующий своеобразию этих систем метод формализовано функционального подхода к действительности. Поскольку в качестве сложно-динамической системы можно рассматривать различные материальные образования, то применение к этим системам функционального метода

32. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 587.

33. J. G. Kemeny. The Social Sciences Call on Mathematics .Mathem tical Sciences", p. 25.

сделало моделирование универсальным механизмом исследования, позволяющим его использование как в области естественных, так и в области общественных наук.

Благодаря кибернетике реализуется и «формальный», и содержательный синтез знаний[34]. Если содержательный синтез знаний тесно связан с такими понятиями кибернетики, как «управление», «информация», «обратная связь», «гомеостазис», «самоорганизация», «сложно-динамическая система» и т. д., раскрывающими суть ряда явлений в технике, живой природе и обществе, то «формальный» синтез знаний обусловлен унификацией, формализацией языков различных наук.

Мощным средством реализации синтеза знаний могут стать в перспективе информационные системы на базе вычислительных машин. В них реализуется подлинный «формальный» синтез разнородных знаний. Вычислительные машины в таких системах представляют собой как бы энциклопедию, вобравшую в себя знания из различных областей. Эти знания здесь «хранятся» и «обмениваются» в силу их формализованности. Совершенно очевидно, что подобные «службы информации», если будут преодолены трудности программирования, смогут в значительной степени рационализировать научные исследования.

Важную роль в обогащении методологии формализации играет системный подход. Системный подход стимулирует развитие не только известных методов формализации, но и способствует появлению новых видов формально-логического аппарата, отвечающих его специфическим особенностям. Построение собственного аппарата выражается как в «построении формально-теоретических схем, претендующих на статус общей теории систем, так и в разработке частных средств формализации системного исследования»[35].

При комплексном моделировании используется концептуальный аппарат определенной теории систем, с помощью которого качественно разнообразные объекты оказывается возможным представить как системы опре-

34. См. об этом: В. С. Тюхтин. Кибернетика и вопросы синтеза научного знания. «Синтез современного научного знания», стр. 265

35. И. В. Б л а у б е р г, Э. Г. Юдин. Философские проблемы исследования систем и структур. «Вопросы философии», 1970, № Г), стр. 62.

деленного типа, класса организации и выразить их структуры с помощью формального языка, математических зависимостей[36]. Несомненно, еще более значительным может быть вклад системного моделирования в синтез знаний при создании единой теории систем, имеющей разнообразный концептуальный и формально-логический аппарат[37].

Итак, системное и кибернетическое моделирование, получившие в последнее время широкое распространение, оказывают существенное влияние на развитие средств и методов формализации. Отвлечение от вещественного субстрата объектов познания и исследование их некоторых абстрактных, формализованных моделей стимулируют создание единого математического языка, способствуют синтезу научных знаний.

Важно отметить, что временный отказ от содержательного изучения объектов иногда трактуется некоторыми представителями буржуазной философии как доказательство примата формализованного подхода в научном познании. В свете сказанного становится понятной актуальность объективной материалистической трактовки методологических основ формализации. Подлинная сила научного познания — в сочетании содержательного и формализованного подхода к объективной реальности. Именно диалектическое единство и дополнительность формализованных и неформализованных моментов в моделировании определяют эффективность этого метода в реализации интегративных процессов современной науки.

§ 3. Синтезирующая функция метода моделирования при решении задач оптимизации.

Барьеры между теоретическими и практическими знаниями, фундаментальными и прикладными исследованиями все более стираются. Различные аспекты практической

---

36. М. Д. Ахундов, В. И. Борисов, В. С. Тюхтин. Интегративные науки и системные исследования. «Синтез современного научного знания», стр. 248.

37. В настоящее время создано несколько вариантов общей теории систем. Наиболее перспективными являются теории систем А. И. Уемова и Ю. А. Урманцева. См. А. И. Уемов. Системы и системные параметры. «Проблемы формального анализа систем». М., 1968; Ю. А. Урманцев. Опыт аксиоматического построения общей теории систем. «Системные исследования». М., 1972.

деятельности—технический, экономический, медицинский, сельскохозяйственный и др. — стали объектами приложения научного подхода, источниками глубоких теоретических обобщений. Эта тенденция является своеобразным отображением диалектического единства познавательной и преобразовательной деятельности, теории и практики.

Интеграция знаний в преобразовательной деятельности по своей структуре совпадает с интегративными процессами в познавательной деятельности. И здесь можно выделить «теоретические» и «формальные» аспекты синтеза знаний. Интеграция знаний в преобразовательной деятельности также определяется возникновением теории. Но в данном случае имеются и некоторые особенности, связанные со спецификой функции теорий в прикладных исследованиях.

В практической деятельности знания об объектах деятельности получают на основе «субстантивных» естественнонаучных теорий. Знания же, определяющие систему правил, предписывающих течение того или иного действия, основываются на «оперативных» теориях прикладных наук[38]. Примером такой теории является теория оптимального управления, или теория принятия оптимальных решений.

Оперативные теории рождаются непосредственно прикладными исследованиями и являются теориями деятельности, они имеют мало общего с теориями естествознания. Как считает Бунге, оперативные теории имеют следующие черты:

— они суть идеализированные модели действительности;

— в их концептуальном аппарате используются теоретические понятия, например, такие, как «вероятность»;

— они обогащают опыт, предсказывая возможный ход событий;

— они эмпирически проверяемы[39].

В концептуальном плане оперативные теории беднее теорий естествознания, так как в практической деятельности интересуются главным образом конкрет-

38. M. Bunge. Towards a philosophy of technology Philosophical problems of science and technology". Boston, 1974, p. 3.

39. Там же, стр.31.

ными конечными результатами, происходящими в ограниченном интервале времени. Действительно, инженера обычно интересует, каким образом то или иное явление природы можно использовать для практических нужд, а не явление само по себе.

Отвлечение от содержательного анализа и сосредоточение внимания на операциях деятельности придают оперативным теориям абстрактный, формализованный (и в силу этого!) интегративный характер. Так, единые принципы решения задач оптимизации в различных областях практической деятельности (выявление критериев оптимизации, создание математической модели, составление целевой функции и т.д.) придают теории оптимального управления существенную интегрирующую силу.

Интерес к изучению организованности материи в последние годы резко возрос под влиянием кибернетических идей. Важнейшим практическим проявлением этого явилась наметившаяся тенденция к оптимизации самых различных сторон человеческой деятельности.

Хотя понятие «оптимальность» — продукт современной науки, в частности распространения кибернетических принципов на анализ деятельности, тем не менее, идеи, рельефно отражаемые этим понятием, всегда определяли деятельность людей. Например, уже мыслители античной Греции достаточно рационально подходили к вопросу о выборе наилучшего, искали объективные основания этого. Однако особого метода, позволяющего выбрать наилучшее, древним мыслителям так и не удалось создать: в античной философии «наилучшее» и критерии его оценки получили чрезмерно широкое толкование. Эти представления затрагивали нравственную, эстетическую и познавательную стороны человеческой деятельности. Например, для Платона наилучшее сводилось к прекрасному, чему-то идеальному, недосягаемому[40]. Интерес к задачам оптимизации обусловливался практической потребностью и интуитивной верой в целесообразный характер природных явлений. Впоследствии эта вера была обоснована такими положениями науки, как принцип наименьшего времени Ферма, принцип наименьшего действия Мопертюи, принцип Гамильтона, теория естествен-

40. См. об этом: Г. А. Ш и р ш и н, Б. С. Мурманцев. Методологическая роль противоречия в проблеме оптимальности. «Вестник МГУ (философия)». 1972, № 5, стр. 39.

ного отбора и принцип оптимального строения живых организмов и т. д. По ходу развития науки умозрительные телеологические спекуляции сменялись приемлемым для решения практических задач оптимизации научным аппаратом, поисками объективных оснований всеобщности экстремальных закономерностей.

В науке XVII века эти стремления оставили существенный след: привели к зарождению теории функционалов, вариационного исчисления. Эти теории были первыми попытками математического моделирования экстремальных процессов, происходящих в объективной реальности.

История возникновения вариационного исчисления подтверждает ту истину, что даже самые абстрактные математические учения имеют вполне земные ассоциации. Сейчас уже не вызывает сомнений высказывание Л. Эйлера, что, «в мире не происходит ничего, в чем не был бы виден смысл какого-нибудь максимума или минимума»[41]. Ибо установлено, что наличие максимума или минимума в количественных характеристиках процессов—одна из общих закономерностей естествознания. Наличие экстремума в количественных характеристиках объектов объясняется протеканием в них процессов, ведущих к противоположным результатам. Именно такие конфронтирующие обстоятельства делают возможной постановку задач оптимизации в различных объектах. Современная трактовка концепции оптимизации неразрывно связана с кибернетикой. Кибернетика рассматривает управление в единстве с оптимизацией, то есть любое кибернетическое управление — это оптимальное управление. Если управление качественно связано с целенаправленностью, то оптимизация количественно конкретизирует эту связь[42].

Важнейшим средством конкретизации задач оптимизации служат критерии оптимальности. Они осуществимы, если исходят из диалектического единства практической потребности и практической возможности. Это единство показывает, что выбор приемлемого критерия

---

41. Л. Эйлер. Метод нахождения кривых линий, обладающих свойствами максимума, либо минимума, или решение изопериметрической задачи. М.—Л., 1934, стр. 447.

42. В. В. Парин, В. В. Бирюков, Е. С. Геллер, И. Б. Новик. Проблемы кибернетики. М., 1969, стр. 54.

оптимизации не может быть субъективным делом. Если: совершенно произвольно выбрать критерии оптимизации и на их основе реализовать определенную цель, то вполне вероятно, что будут нарушены конкретно-исторические требования практики. При выборе критериев оптимизации на основе оценивающей деятельности возникает как бы обратная связь с возможными результатами преобразовательной деятельности, что, несомненно, способствует корректированию направления действий. Все это становится возможным благодаря практике, которая,, как заметил В. И. Ленин, «и критерий истины и ... определитель связи предмета с тем, что нужно человеку»[43].

Если «выбор оптимизируемого функционала производится на основе нашего взгляда на то, что такое хорошо, что такое плохо»[44], это означает, что речь идет не о допустимости произвола в выборе критериев оптимизации, а о естественной эволюции наших представлений о «хорошем», «ценном». Например, сейчас все больше осознается недостаточность оценки функционирования технических систем только по технико-экономическим критериям (в свое время они были ценными) и возникает необходимость учета биосферных критериев[*]. Задача оптимального управления технической системой, преобразующей природу, переходит в проблему оптимизации сложной системы, при которой должны учитываться технические, экологические, экономические, социальные факторы. Современная наука, не успев полностью реализовать идеи параметрической оптимизации, более или менее удачно решаемые неклассическими методами вариационного исчисления, оказалась перед необходимостью создания совершенно нового пути оптимизации, способного учитывать взаимосвязь различных явлений и удовлетворять комплексным критериям, пронизанным биосферными ограничениями. Как подчеркивает В. А. Веников, оптимизация глобальной системы биосфера — человек—техника требует «совершенно новых, непривычных для техники (для инженеров) методов исследования, имеющих комплексный характер (техника-экономи-

43. В. И. Л е н и н. Полн. собр. соч., т. 42, стр. 290.

44. А. М. Летов. Теория оптимального управления. «Оптимальные системы. Статистические методы». М., 1965, стр. 12.

* См.: Н. М. Мамедов. Биосферные критерии оптимизации и синтез знаний. В кн.: «Методологические аспекты исследования биосферы». М , 1975.

ка-биосфера—геофизика)»[45]. Необходимость оценки - функционирования технических природопреобразующих систем по технико-экономическим, биосферным и социальным критериям придает задаче оптимизации этих систем метапроблемный характер, показывает биосоциальную сторону развития техники, подтверждает единство социальных и природных явлений.

Основные трудности, которые возникают перед теорией оптимизации в настоящее время, — это недостаточная развитость математического аппарата, которая позволила бы учитывать наличие нескольких критериев оптимизации. С гносеологической точки зрения параметрическая оптимизация является лишь моментом на пути к глобальной оптимизации. Когда задачей исследования является, например, определение оптимальных форм конструкций, оптимального числа элементов в логической схеме и т. п., подобный подход вполне допустим. Когда же дело касается проектирования систем, изменяющихся в результате внутренних и внешних влияний во времени, т. е. имеющих связь с внешней средой (сюда можно отнести все природопреобразующие технические установки, промышленные предприятия и т. д.), то становится ясной ограниченность параметрической оптимизации.

Проблемы оптимизации, связанные с необходимостью учета последствий принимаемых решений, способствовали возникновению «общей теории оптимальных решений», в которую теория оптимального управления и весь математический аппарат исследования операций входят в качестве важнейших разделов[46]. В отличие от теории оптимального управления теория принятия оптимальных решений интересуется не путем достижения цели, а вопросом разумности цели.

При реализации концепции оптимизации моделированию принадлежит первостепенная роль. Достижение оптимума есть цель, а она реальна только тогда, когда

---

45. В. А. Веников. Научные разработки в области управления энергетикой. Доклады Всесоюзной объединенной межвузовской кон¬ференции по физическому моделированию (VI) и кибернетике энер¬гетических систем (II), стр. 4.

46. См. об этом: М. Ермольева, Т. П. Марьянович. Оп¬тимизация и моделирование. «Проблемы кибернетики», вып. 27, М.,1973, стр. 113

«смыкает себя через некоторое средство с объективностью»[47]. Этим средством при оптимизации являются экстремальные закономерности, выражаемые посредством моделей объектов. При выявлении средств оптимизации имеют дело не с самими реальными объектами, а с их моделями. Без аппроксимирующей функции моделей невозможно решение даже простейших задач оптимизации. Модель позволяет «увидеть» и реализовать «оптимальность» в явлениях, где вначале это кажется даже невозможным. И это естественно, ибо при моделировании упрощается явление (ограничивается разнообразие), что позволяет выявить в объекте возможные управляющие каналы, способные привести к компромиссу между противоположными «интересами».

Следует заметить, что некоторым методам оптимального управления, например, экстремальному управлению, «эволюционной оптимизации», порой приписывается возможность функционирования вообще без всяких моделей, несмотря на то, что и в этих случаях имеется определенная модель объекта. Так, экстремальное управление применимо, если есть априорная информация об экстремальном характере установившегося режима работы объекта. Это есть не что иное, как модель статического режима и «квазимодель» объекта в целом.

При «эволюционной оптимизации» создается модель физического процесса с помощью включенной в систему управления вычислительной машины. Далее используется итерационная процедура и переменные управления корректируются последовательными шагами для достижения оптимума целевой функции[48]. Игнорирование роли моделей в указанных случаях, как видно, исходит из узкого понимания понятия «модель».

Модели оптимизации можно разделить на два типа. Первый — локальные модели для осуществления параметрической оптимизации (по тому или иному критерию). Второй— комплексные модели, созданные для осуществления глобальной оптимизации (по нескольким критериям).

В отличие от моделей теоретического познания моде-

47. Гегель. Соч., т. VI, стр. 200.

48. См. об этом в кн.: Т. Г. Л и, Г. Э. Ад а м с, У. Г. Гейнз. Управление процессами с помощью вычислительных машин. «Моделирование и оптимизация». М., 1972, стр. 238.

ли, предназначенные для решения задач оптимизации, не дают новой информации о внутренней структуре элементов объекта, а выявляют при заданной исходной информации оптимальный алгоритм взаимодействия этих элементов. Другими словами, посредством таких моделей определяется оптимальная организация объекта, уровень которой зависит от предварительных содержательных исследований объекта.

Это показывает единство принципов моделирования в познавательной и в преобразовательной деятельности и что различие моделей нужно искать в особенностях получаемой посредством них информации. В моделях естественных наук получаемая информация имеет обычно больше содержательный аспект, чем в моделях техники, где качество информации носит функционально-организационный характер. Ибо для многих технических задач типична ситуация, когда внутренняя среда состоит из элементов, законы поведения которых хорошо известны. И трудность заключается лишь в невозможности проследить поведение этих элементов, собранных воедино[49].

Таким образом, модели оптимизации создаются на основе предварительно познанного «среза» действительности и предназначаются для реализации определенной цели, диктуемой практической потребностью. Совершенство моделей оптимизации определяется объемом исходной информации об объекте, который зависит как от глубины содержательных исследований отдельных сторон объекта, так и от степени синтеза знаний, отображающих взаимодействие подсистем объекта и самого объекта со средой. Поэтому в моделях оптимизации происходит интеграция понятий и представлений общественных, естественных и технических наук. Наметившаяся тенденция к достижению глобального оптимума, раскрывая новые проявления единства материального мира, определяет синтезирующую роль метода моделирования при решении задач оптимизации.

---

49. Саймон. Науки об искусственном. М., 1972, стр. 26.

ГЛАВА IV

СИНТЕЗ ЗНАНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

§ 1. О природе сложных систем.

Во второй половине XX века перед научным мышлением возникла принципиально новая проблема—познание объектов, имеющих многоуровневую, неоднозначную структуру, не допускающих использование классических методов формализации. Такого типа объекты стали называть «сложными системами». К классу сложных относятся, например, экономические и экологические системы, •системы управления крупными отраслями промышленности и городским хозяйством и т. д.

Атрибутами сложных систем являются многоразмерность, неразрывная взаимосвязь элементов, неопределенность состояний. Модель, не учитывающая определенным образом эти факторы, не может раскрыть истинной природы исследуемых явлений. Между тем человек привык оперировать простыми линейными системами, для понимания которых достаточно рассматривать составляющие их элементы изолированно. *«В таком случае* сменяющиеся движения выступают перед нами — одно как причина, другое как действие[1]. Естественно, что критерии оценки, исторически выработанные на основе опыта познания простых систем, часто приводят к заблуждению при исследовании сложных систем.

Характер связи причин и следствий в сложных системах весьма запутан. «Почти все переменные в сложной системе тесно взаимосвязаны, но знание времени корреляции мало что дает для того, чтобы отличить причину от следствия. Применение трудоемкого, статистического и корреляtивного анализов в этом случае подобно тщетной погоне за неуловимым»[2].

Кажущаяся неразрешимой дилемма между нелинейной, расплывчатой структурой сложных систем и возможностью их адекватного аналитического описания на-

1 К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 547.

2 Дж. Форрестер. Динамика развития города. М., 1974, стр. 121.

ходит свое решение в использовании приемов метода моделирования, основанных на кибернетических принципах и новейших разделах математики. В этой связи можно согласиться с утверждением, что подлинный статут моделирования стал ясен благодаря проблеме познания сложных систем, наряду с изменением представлений о субъектно-объектных отношениях в современной науке[3].

В свое время У. Эшби справедливо связывал с кибернетикой надежду на создание эффективных методов для изучения и управления сложными системами[4]. Рассмотрение сложных систем на базе таких понятий кибернетики, как «управление», «информация», «обратная связь», «гомеостазис», и т. д., создало надежную основу для раскрытия сущности этих своеобразных объектов. В гносеологическом отношении важная черта кибернетического подхода — его функциональность. И хотя при этом исследователь абстрагируется от вещественного субстрата и внутренней структуры системы, модель в целом не утрачивает объективного характера.

Существенным развитием кибернетического подхода является методика «динамического моделирования», предложенная Дж. Форрестером. На основе «динамического моделирования» сложная система любой природы воспроизводится на цифровой вычислительной машине в виде многоконтурной нелинейной системы с обратной связью. «Динамическое моделирование» стало возможным благодаря интенсивным исследованиям в области:

— теории управления информационнойсистемой с обратной связью;

—теории принятия оптимальных решений;

—экспериментального моделирования сложных систем;

—вычислительной техники[5].

Проблемы познания сложных систем стимулируют разработку совершенно новых принципов моделирования. С этой точки зрения представляет интерес пред-

3. Б. Н. Пятницы н. Философские проблемы вероятностных и статистических методов. М., 1976, стр. 50.

4. У. Э ш б и. Введение в кибернетику, стр. 19.

5. Дж. Форрестер. Основы кибернетики предприятия. М., 1971, стр. 12.

ложенный М. Месаровичем принцип моделирования, основанный на теории иерархических многоуровневых систем[6]. «Сложная система» предстает здесь в виде вертикально соподчиненных подсистем, где определяется приоритет подсистем верхних уровней над нижними, устанавливаются зависимости поведения подсистем верхних уровней в соответствии с фактическим исполнением нижними уровнями своих функций.

Для познания сложных систем фундаментальное значение имеет синтез знаний. В таких системах взаимодействуют социальные, естественнонаучные и другие факторы, поэтому при моделировании должны быть использованы понятия, принципы, методы различных дисциплин. Как справедливо отмечает Форрестер, «если мы хотим преуспеть в понимании сложных систем, нужно устранить барьеры между различными дисциплинами, областями знаний. Внутри одной и той же системы мы должны допустить наличие психологических, экономических, технических, культурных и политических взаимодействий. Взаимодействия этих факторов часто бывают более важны, чем внутреннее содержание любого из них, взятого в отдельности»[7].

Таким образом, требование интеграции знаний при моделировании сложных систем должно быть доведено до синтеза общественных, естественных и технических наук. Нарушение этого требования приводит к чрезмерной идеализации моделируемого объекта и, как следствие, к искажению истинного положения вещей.

Рассмотрим в этой связи некоторые методологические вопросы глобального моделирования.

По инициативе «Римского клуба» Форрестер и группа Медоуза создали первые варианты «моделей мира», являющиеся попыткой моделирования глобального развития[8]. Исследователи прогнозировали возможное развитие общества, исследуя модель, имитирующую взаимодействие следующих «элементов»: рост народонаселения, истощение природных ресурсов, снабжение продовольствием, капитальные вложения, загрязнение

6. М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. Теория иерархических многоуровневых систем. М., 1973.

7. Дж. Форрестер. Динамика развития города, стр. 119.

8. J. W. Forrester. World Dynamics. Cambridge, 1971; D. Meadow set. al. The Limits to Growth. N.Y.,1972.

«окружающей среды. Математический аппарат указанной «модели мира» состоял из системы дифференциальных уравнений, характеризующих экспоненциальные изменения отдельных «элементов» системы. Модель показала, что система «природа—общество» в ближайшее время (уже в XXI веке) потеряет свою устойчивость, то есть общество придет к всеобщей катастрофе, «коллапсу».

Для предотвращения мировой катастрофы была выдвинута концепция «глобального равновесия». Суть ее сводится к необходимости повсеместного ограничения роста населения и производства, предотвращения активного преобразования природной среды.

Пессимизм указанных выводов исходит из метафизических предпосылок, послуживших основой для создания глобальной модели системы «природа—общество»[9].

Истинность прогноза, полученного посредством моделей Форрестера и Медоуза, вызывает сомнение по ряду причин: во-первых, не учитываются не только возможные изменения социально-экономической структуры общества, но и уже имеющиеся на нашей планете две совершенно различные системы хозяйствования—капиталистическая и социалистическая; во-вторых, не учитываются неизбежные изменения технологии производства, создание более «биосферосовместимых технологий», открытие: новых источников энергии, возможность регулирования роста населения и т д.

К достоинствам моделей Дж. Форрестера и Д. Медоуза, несомненно, следует отнести серьезное научное обоснование недопустимости волюнтаризма в природопреобразующей деятельности. Вывод о том, что, если не будет в мире никаких социальных изменений, технических усовершенствований, то катастрофа неминуема, является положительным итогом «моделей мира». Эти выводы значительно способствовали усилению «экологической - кампании» на Западе, охватившей как политические, так и научные сферы[10].

---

9. О методологических недостатках указанных работ см. подробнее: Е. К- Ф е до р о в, И. Б. Новик. Проблемы взаимодействия человека с природной средой. «Вопросы философии», 1972, № 12; .Л. И. Василенко. Проблематика «пределов роста» и современная наука. «Вопросы философии», 1974, №11.

10. К. И. Шилин. «Экологическая революция» в современной западной науке. «Вопросы философии», 1972, № 11, стр. 122—128.

Учитывая недостатки методологии Форрестера и группы Медоуза, в последние годы сделаны другие подходы к моделированию глобального развития. Среди них нужно отметить иерархического «модель мира», предложенную Месаровичем и Пестелем[11]. В ней мир делится на 10 регионов, определяемых экологическими, социальными, экономическими условиями. Авторы приходят к выводу, что предотвратить «коллапс» в развитии цивилизации можно лишь посредством сбаллансированного и регионально дифференцированного развития, учитывающего географические, социально-экономические, культурные особенности регионов мира. Такой путь развития характеризуется исследователями как путь «органического роста» различных стран, который должен регулироваться неким мировым надправительственным органом.

Учитывая ценность конкретной методики проведенного исследования, в которой удалось избежать ряда неточностей, присущих «динамическим моделям», нельзя не отметить утопичность выводов Месаровича и Пестеля для современной политической структуры мира, при которой концепция «органического роста» может служить лишь инструментом экономического порабощения развивающихся стран.

Представляет также интерес созданная под руководством Э. Ласло глобальная модель «цели человечества»[12]. Авторы этой модели на основе системного описания национальных, региональных целей пытаются выяснить необходимые условия для приближения к некоторым общим для всего человечества целям. Это, по их мнению, безопасность, благосостояние, сохранение природной среды и т. д. Главным средством реализации такой программы считается коренное изменение системы ценностей современной цивилизации. Предлагается отказаться от таких установок, как прогрессивное развитие, потребление, активное преобразование природы и т. п. Установление новой системы ценностей при этом связывается с эволюцией общественного сознания, которое должно произойти вследствие «совершенствования» отдельных

---

11. M. Mesarovic, E. P e s t e 1. Mankind at the turning point. The second report the Club of Rome. N. Y., 1974.

12. E. Laszlo et. al. Goals for Mankiud. N. Y. 1977.

индивидов. Иллюзорность этих надежд очевидна. Коренное изменение общественного сознания не может произойти без изменения социально-экономической структуры общества.

Глобальные модели основываются на сценариях, отражающих определенную концепцию развития мира. Формализованная часть глобальной модели всецело зависит от выбора этой исходной концепции. Результаты глобального моделирования определяются не столько формальными методами системного анализа, сколько «содержательными, теоретическими и в первую очередь, философско-социологическими предпосылками»[13].

В «моделях мира», созданных под эгидой Римского клуба, как это ни странно, подразумеваются неизменность, статичность социальной организации общества. Академик Е. К. Федоров справедливо отмечает: «Неизбежность кризиса доказывается в них (в «моделях мира» — Н. М.) в предположении, что исходные условия — социальная структура всего человечества — остаются без существенных изменений»[14]. Совершенно очевидно, что научная методология глобального моделирования должна учитывать фундаментальное положение исторического материализма о развитии социальной структуры в соответствии с развитием производительных сил.

Итак, синтез знаний является необходимым условием глобального моделирования и двойственная — социальная и естественнонаучная — природа проблем сложных систем требует синтеза естествознания и обществознания на основе марксистской концепции монизма.

§ 2. Роль синтеза знаний при моделировании взаимодействия технических систем и биосферы

В современную эпоху влияние технической деятельности человека на биосферу сопоставимо по силе своего воздействия с геологическими процессами. Развитие техники не может более основываться на необдуманной эксплуатации природных ресурсов. Вследствие техничес-

---

13. Методологические проблемы моделирования глобального развития. «Вопросы философии», 1978, № 2, стр. 22

14. Е. К. Федоров. Общество и природа в эпоху НТР. «Взаимосвязь наук при решении экологических проблем», М., 1976, стр. 17.

кой деятельности человека в биосфере наметились заметные физико-химические изменения, приводящие к нарушению сложившегося естественного фона, на котором происходит эволюция всего живого на Земле. Современная экологическая ситуация требует прежде всего переосмысления исходных принципов технического освоения мира, гармонизации взаимоотношений техники и биосферы. Стратегия развития техники должна содержать оценку последствий технической деятельности, что может быть выявлено посредством метода моделирования.

Технические системы представляют собой искусственные средства, предназначенные для объективации человеческих целей. К классу технических систем можно отнести самые разнообразные объекты: заводы, электростанции, промышленные комплексы и т. п. Технические системы часто могут быть представлены в качестве относительно простых линейных систем. Но ограничиваться абстрактным исследованием технических систем вне среды их функционирования недопустимо. Технические системы оказывают существенное воздействие на биосферу. Это дает основание рассматривать отдельную техническую систему как элемент более сложной системы—«техника—биосфера». Отвлечение от сложности системы «техника—биосфера» приводит к тому, что за каждую нашу победу природа нам мстит. Хотя каждая из этих побед имеет в «первую очередь те последствия, на которые мы рассчитываем, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых»[15]. Сейчас все больше осознается, что одной из основных гносеологических причин создания антиэкологической технологии в промышленности и сельском хозяйстве послужило именно недостаточно глубокое понимание биосферных процессов.

Метод моделирования призван выявить скрытые возможности изменения физических, химических, биологических параметров биосферы под влиянием техногенных факторов. Моделирование выступает в качестве основного прогнозирующего инструмента, позволяющего анализировать последствия различных путей технического освоения природы до принятия стратегических решений.

---

15. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 495—496.

Увеличение объема наших знаний, их синтез позволяют создавать модели для прогнозирования последствии внедрения различных технических систем.

При разработке методологии комплексного моделирования технических систем необходимо учитывать тот факт, что техника имеет социальную сущность, ее ценность определяется социально-экономическими критериями. Представление о единстве природы и общества, вытекающее из диалектико-материалистической концепции монизма, дает основание для моделирования взаимодействия разнокачественных систем: социальных, естественных и технических.

*   *
*

Биосфера, согласно В. И. Вернадскому, является поверхностным слоем земли, измененным и поддерживаемым деятельностью живых организмов. Она представляет собой пространственно-временное многообразие взаимосвязанных процессов различного характера. Происходящие в доли секунды и в миллионы лет, эти процессы составляют окружение человека, обусловливают возможность его существования. Человек как живая система является составной частью биосферы. Но воздействие его на биосферу принципиально отличается от воздействия остальных организмов: оно связано не столько с биологической, сколько с общественной природой человека. Вследствие этого воздействие человека на биосферу преимущественно имеет форму трудовой деятельности.

Экспоненциальное развитие техники создает угрозу нарушения вещественно-энергетических круговоротов как в отдельных биогеоценозах, так и во всей биосфере. Изменения естественного биогеохимического круговорота веществ ведет к нарушению одной из основных функций биосферы—энергетической. Жизнь на Земле, как известно, зависит от превращения части космической энергии в органические вещества. Энергия Солнца преобразуется органическими трансформаторами и совершает определенную работу, направленную на сохранение различных биогеохимических циклов, т. е. на сохранение устойчивости биосферы. Например, наращивание концентрации углекислого газа, возможность уменьшения озонового эк-

рана биосферы увеличивают вероятность изменения энергетического баланса планеты.

Технические системы оказывают химическое и физическое воздействие на биосферу в основном через:

— атмосферу (использование и выделение различных газов нарушает естественный газообмен);

— гидросферу (загрязнение химикатами и нефтью рек, морей и океанов);

— литосферу (использование полезных ископаемых, загрязнение почв промышленными отходами и т. д.).

Жизнь на Земле детерминируется главным образом температурой, давлением, лучистой энергией, химическим составом среды, и поэтому результаты технической деятельности влияют на те параметры биосферы, которые обеспечивают возможность жизни на нашей планете.

Изменения параметров биосферы под воздействием технических систем показывают относительную гибкость структуры биосферы, сохранение ее устойчивости лишь до некоторого предела. Это важное обстоятельство доказывает иллюзорность положений, рассматривающих биосферу как очистительное сооружение бесконечной мощности, обладающее, безграничными ассимилирующими возможностями. Теперь становится очевидным, что техническая деятельность человека в пределах нашей планеты должна увязываться со структурой биосферных процессов*.

Исследование взаимодействия технических систем и биосферы, являясь новой задачей науки, в то же время рельефно выражает необходимость системной интеграции знаний. При системном подходе к данной проблеме

---

* Прогресс техники создает и иные решения экологической проблемы. В настоящее время обсуждаются вопросы, связанные с возможностью искусственного поддержания на необходимом уровне параметров биосферы, см., например: Е. Т. Ф а д д е е в. Научно-техническая революция и некоторые проблемы социальной экологии. В кн. «Социальные проблемы экологии и современность». М., 1978 г. Заманчивы также предложения о переносе особо вредных для биосферы производств в космос. Нам представляется, что эти пути развития техники, направленные на создание приемлемых для жизни человека экологических условий, не противоречат, а дополняют то направление в развитии техники, которое ведет к гармонизации взаимоотношения технических систем и биосферы. Развитие техники должно идти по пути как освоения новых пространств за пределами Земли, создания необходимых средств для искусственного поддержания экологических условий, так и создания качественно новой техники, адаптированной к условиям биосферы.

технические устройства должны быть представлены не как конфронтирующие с биосферой автономные системы, а как подсистемы биосферы. При разработке технической системы придется исходить из ограничения на ее выходные физико-химические параметры, дабы не нарушились условия системности биосферы. Для этого необходимо, чтобы экологические соображения учитывались при проектировании технических систем. Как в природе экологическая иерархия налагает ограничения на поведение животных, так и существующая структура биосферы объективно предполагает ограничения на выходные физико-химические параметры искусственных систем. Это приводит к разработке биосферных критериев оценки техники. Прежде чем внедрять новую технику, необходима эколого-социально-экономическая оценка нововведения.

Развитие технического прогресса привело к возникновению существенных связей между техническими и экологическими системами. Благодаря этим связям техническая система вступает в определенное отношение с окружающей природной средой и обществом. Как писал Гегель, «все, что существует, находится в отношении, и это отношение есть истина всякого существования. Благодаря отношению существующее не абстрактно, не стоит само по себе, а есть лишь в другом, но в этом другом оно есть отношение с собою и отношение есть единство соотношения с собою и соотношения с другим»[16]. В зависимости от проявления результатов функционирования технической системы в других сферах можно определить ее истинную ценность. В этой связи важное значение приобретает установление отношений между различными структурами, образующихся вследствие технической деятельности в биосфере.

На основе структурно-диахронического анализа[*] можно выявить особенности развертывания во времени последствий воздействия технической системы на биосферу. Такой анализ позволяет раскрыть структуру протекаю-

16. Гегель. Соч., т. 1, стр. 222.

* В центре внимания структурно-диахронического анализа находятся композиционные и структурно-морфологические характеристики развертывания объективных процессов во времени. Подробнее об этом методе см.: Н. К. Серов. Процессы и мера времени. Л., 1974

щих в биосфере процессов, количественные характеристики отдельных стадий, порядок их следования друг за другом и т. д.

В процессах, возникающих вследствие взаимодействия технической системы и биосферы, исходя из качественной специфики, порядка следования, пространственно-временных масштабов, можно выделить три уровня:

1)физико-химические изменения, происходящие в атмосфере, гидросфере и литосфере;

2)биологические изменения, происходящие в живых организмах, популяциях, биогеоценозах;

3)социально-экономические изменения в обществе.

Эти изменения находятся в сложных причинно-следственных отношениях, представляя собой составную часть более широкого в пространственно-временном отношении естественно-исторического процесса. Поэтому средством воссоздания картины и отношений технической системы с биосферой и обществом может быть лишь глубокий синтез знаний, реализуемый в системном моделировании.

В методологическом плане представляется, что комплексная модель, имитирующая воздействие технической системы на биосферу, должна иметь многоуровневую структуру, главный уровень которой отражает физико-химические изменения в атмосфере, гидросфере и литосфере, а другие уровни раскрывают изменения биологических, социальных и экономических факторов.

При создании моделей взаимодействия технической системы с биосферой мы сталкиваемся с характерной для сложных систем ситуацией. В системе «техника—биосфера» канал обратной связи, информирующий в обычных случаях с незначительным запаздыванием о результатах управляющего воздействия, столь инерционен, что система с точки зрения управления оказывается практически незамкнутой. Из-за большой инерционности канала обратной связи изменения химических и физических параметров биосферы воспринимаются как очень медленные процессы, что весьма опасная иллюзия. Из-за трудностей предвидения результатов тех или иных воздействий технической деятельности человека на природную среду пути решения при таком подходе трудно увидеть.

Таким образом, сложность моделирования системы «техника—биосфера» связана не только с не разработан-

ностью научного подхода, приемлемого для решения глобальных проблем, но и с более глубокими причинами, обусловленными невозможностью учета всех последствий человеческой деятельности.

Интересно отметить, что неопределенный характер будущих событий был осознан еще в древности. В античном мире считалось неоспоримым, что человеческий разум не способен предусмотреть все результаты принятых решений. Платон в диалоге «Теэтет» отмечал: «Любой согласится, что неизбежно город, издающий законы, часто допускает промах в отношении высшей пользы»[17]. Аристотель, рассмотревший эту проблему, пришел к выводу, что единственный случай, когда утвердительное или отрицательное суждение не обязательно ведет к истинным или ложным выводам, допускается лишь для обозначения будущих событий[18].

Идея неотвратимости судьбы и невозможности управлять слепым случаем, разрушающим порой человеческие замыслы, была одной из главных тем греческих трагедий. Убежденность античных мыслителей в невозможности предвидения будущих событий исходила, видимо, из наблюдения определенной объективной асимметрии между прошлым и будущим, затрудняющей однозначную экстраполяцию «прошлого опыта» на будущее.

В наше время только знание законов развития природы, общества, техники и организация на этой основе научного прогнозирования могут обеспечить гармонию между техническим прогрессом и биосферой. При попытках прогнозирования результатов воздействия на биосферу возникает ситуация, которая в методологическом отношении имеет некоторое сходство с познавательной ситуацией, сложившейся в физике элементарных частиц. Суть ее в рельефном проявлении единства субъектно-объектных отношений. В системах, где нельзя отвлечься от изменений, вносимых субъектом через средства наблюдения (познание микромира) или же его деятельностью (социальные, экологические процессы), задачей прогнозирования является представление серии вариантов — «Что может быть?» — при выборе тех или иных альтернатив. Сложнейшая взаимосвязь субъектно-объектных отношений приводит к неопределенности будущих

17. Платон. Сочинения в трех томах, т. 2. М., 1970, стр. 274.

18. См. об этом: История философии, т. 1. М., 1940, стр. 217.

событий, в силу которой невозможно однозначное предвидение. Прав Жозуэ де Кастро, отмечая, что «...нельзя предусмотреть единственное возможное будущее, определяемое различными условиями, существующими на данном этапе. Единственное, что можно сделать,—это создать несколько возможных моделей будущего в соответствии с теорией вероятности...»[19].

Будущее биосферы не является предопределенным, а зависит от характера взаимодействия с ней общества. И человек должен знать возможные последствия своего воздействия на биосферу, чтобы выбрать наиболее оптимальное направление деятельности. При проектировании технических систем осуществляется выбор из различных научно обоснованных вариантов. Неизбежность такого выбора обусловлена наличием неопределенности в картине будущих событий. Техническая деятельность обычно развертывается в условиях, когда не совсем ясна глубокая взаимосвязь между биосферными явлениями. Это связано с чрезвычайно сложной структурой биосферы, многочисленностью опосредованных каналов, соединяющих ее элементы. Характер последствий большинства этих явлений становится известным лишь через определенное время. Поэтому анализ природопреобразующей деятельности человека необходимо вести с точки зрения определенности и неопределенности.

Природа бесконечна, и человек в каждый исторический период может познать и использовать лишь определенный ее срез. Несоответствие между замыслом и результатами технической деятельности неизбежно, и оно устраняется не единовременно, а в ходе человеческой деятельности. И нет ничего удивительного, что люди ориентируют свою техническую деятельность на реализацию разумной — с позиции сегодняшнего дня—цели, хотя отдаленные, непредвиденные заранее последствия объективизации этой цели могут доказывать ее односторонность[20]. Противоречие между замыслом деятельности и

---

19. Жозуэ де Кастро. Загрязнение окружающей среды к экономическая отсталость. «Мир науки», т. XVIII, 1973, № 2, стр. 23

20. Монкриф, например, пишет, что непонятен оптимизм в реше¬нии экологической проблемы, «так как этот оптимизм существует несмотря на тот очевидный факт, что большинство результатов технической деятельности с течением времени приводит к нежела¬тельным последствиям». См.: L. W. Moncrief. The Cultural Basis for Our environmental Crisis. "Environmental concern, personal attitudes and Behavior Toward environmental problems". N. Y. 1974; p. 62.

ее отдаленными последствиями—результат не субъективных факторов, а объективной неотождествленности цели человеческой деятельности и развития объективного мира. Как подчеркивал в «Философских тетрадях» В. И. Ленин, «...цели человека порождены объективным миром, и предполагают его, — находят его как данное, наличное»... Но «объективный мир» «идет своим собственным путем», и практика человека, имея перед собой этот объективный мир, встречает «затруднения в осуществлении» цели, даже натыкается на «невозможность»...»[21]. Благодаря таким противоречиям исторически развивалось знание человечества. Процесс снятия дисгармонии между техникой и биосферой сейчас определяется действиями, которые соответствуют объективному ходу событий. В настоящее время такому «ходу событий» отвечает комплексное изучение окружающей среды, взаимодействия технических систем и биосферы и т. п. Получение новой информации, снимая субъективную неопределенность, подготавливает последующую деятельность человека.

Неопределенность последствий взаимодействия технической системы с биосферой ставит перед моделированием совершенно новые задачи. Требуется показать обоснованность, разумность самих человеческих намерений. М. Борн, характеризуя вариационное исчисление, писал: «...Конечный итог человеческих устремлений зачастую не имеет разумного смысла, но, будучи приняты однажды в качестве целей, они приводят к задаче, которая сама по себе разумна и которая может быть решена посредством логики и математики. Вся наша жизнь представляет собой как раз такое переплетение разумности и безрассудства — достижение разумными средствами сомнительных целей»[22]. Конечно, нельзя считать безрассудной вообще человеческую цель, как это утверждает М. Борн. Но нужно согласиться с ним в том, что при выборе той или иной цели могут быть необоснованные моменты, способные привести к непредвиденным последствиям. Именно так обстоит дело в технической деятельности. Поэто-

---

21. В. И .Л е н и н. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 171, 196.

22. М. Борн. Физика в жизни моего поколения. М., 1963, стр. 103.

му понятна ценность обоснования целей технической деятельности на основе метода моделирования.

Для решения указанной задачи на первый план при моделировании системы «техника—биосфера» выдвигается использование вероятностных методов теории принятия оптимальных решений, в частности аппарат «исследования операций». Трудности, связанные с неопределенными ситуациями, принципиально не устранимые средствами дифференциальных уравнений, в значительной мере элиминируются методами теории вероятностей. Качественные рассуждения о неопределенных ситуациях становятся возможными на основе теории игр. При этом изменяется характер моделей оптимизации — они все более приобретают нормативный, целевой характер.

Состояние биосферы определяется интегральным характером техногенного воздействия, складывающегося из последствий функционирования разнообразных технических систем, поэтому необходимо минимизировать отдельные составляющие техногенного воздействия. Очевидно, для этого нужно выбирать технические системы, которые •обеспечивают максимально возможный минимум воздействия на биосферу. И здесь может быть велика заслуга теории игр.

Конечный исход технической деятельности определяется дальновидностью, обоснованностью принятых решений. Моменты принятия решения можно по праву считать узловыми пунктами целенаправленной деятельности, началами отсчета отдельных ее этапов. На различных стадиях разработки технических систем принимается много решений. Однако особенно важно принятие исходного решения, определяющего физико-химическую основу технической системы, принцип ее функционирования. Выбор той или иной физико-химической основы технической системы играет определяющую роль в характере ее воздействия на биосферу.

Технические системы, как было уже отмечено, объективируя практическую цель, должны обеспечить не только технико-экономический выигрыш, но и оказывать минимальное негативное воздействие на биосферу. Выбор такого оптимального варианта можно осуществить сравнением моделей взаимодействия различных (с точки зрения физико-химических основ) технических систем с биосферой. Задача сводится в конечном итоге к выбору

среди множества вариантов наиболее приемлемого принципа технологии. Но наличие субъективных и объективных неопределенностей сводит задачу принятия оптимального решения на игровой уровень.

Современный аппарат теории игр позволяет в данном случае по меньшей мере реально рассуждать о логике событий, связанных с противоречивыми интересами. Из-за неудачного названия — «теория игр» — может показаться, что применение методов этой теории обязательно приводит к проигрышу одной из сторон: в интересующем нас вопросе — биосферы или человека. Однако это не совсем так. Оптимальное решение — это такой компромисс между интересами «игроков»: биосферой и формой эксплуатации ее ресурсов, — когда ущерб, который может быть нанесен биосфере неизвестными обстоятельствами, не превышает известных пределов, хозяйственный же эффект представляется разумным.

Выбор оптимального физико-химического принципа технологии можно считать лишь первым этапом в решении проблемы гармонизации взаимодействия технических систем и биосферы. Вторым этапом должно явиться создание системы управления конгломератом технических систем[23].

Воздействие на биосферу отдельно функционирующей природопреобразующей технической системы—при неизменности ее физико-химической основы — практически неизменно. И хотя это на первый взгляд может показаться странным, при определенном сочетании различных технических систем их суммарное воздействие на биосферу может меняться в довольно широком диапазоне и даже становиться меньше, чем воздействие на биосферу отдельно взятой технической системы. Определенная организация, управление взаимодействием самих технических систем способны существенно уменьшить суммарное их влияние на биосферу. Оптимальное управление совокупностью природопреобразующих технических систем обеспечивает максимальную экономическую эффективность и минимальное воздействие техногенных факторов на биосферу.

Координация функционирования различных техни-

23. См.: Н. М. Мамедов. Об оптимизации взаимодействия технических систем и биосферы. «Філософська думка», 1976, № 3.

ческих систем в какой-то мере повторяет структуру естественных биосферных процессов, основывающихся на биотическом круговороте созидания и разрушения органического вещества. Сравнение структуры современного производства со структурой биосферных процессов подтверждает, что наряду с деятельностью «созидающей», объективирующей практическую цель человека, необходима и деятельность «разлагающая», нейтрализующая воздействия на биосферу. То есть технология производства — аналогично организмам-диструкторам в живой природе — должна разрушать и созданные отходы, восстанавливая равновесие между технологией созидания и технологией разложения. Представляется, что наметившийся определенный курс в технической политике на разработку «технологий разложения»[24], «компенсирующей деятельности»[25] будет эффективным именно в русле кибернетического подхода к совокупности технических систем.

Л. А. Мелентьев и В. А. Веников, рассматривая энергетическое хозяйство страны как сложную совокупность больших систем, предлагают целенаправленное развитие больших искусственных систем на основе принципов кибернетики. Они отмечают, что в зависимости от временных разрезов управления искусственными системами последние переходят от «физико-технических к экономическим, ибо при управлении развитием больших систем на многолетний период основные элементы и связи выступают как информационные, объединяющие определенным образом организованные действия трудовых коллективов людей»[26].

На наш взгляд, в зависимости от временных разрезов управления техническую систему можно рассматривать как эколого-экономическую. Реализация указанного подхода требует представления совокупности технических систем в виде единой глобальной искусственной системы, в которой происходят вещественно-энер-

---

24. K. J a m a d a. Three paradoxes of science and technology. Japan Quarterly, 1972, vol. XIX, N 4, p. 434.

25. Е. К- Федоров, И. Б. Н о в и к. Проблемы взаимодействия человека с природной средой. «Вопросы философии», 1972, № 12, •стр. 55.

26. Л. А. Мелентьев, В. А. Веников. Введение к книге «Кибернетика и моделирование в энергетике». М., 1972, стр. 6.

гетический и информационный обмен между ее подсистемами. Задача сводится к такой субординации связей системы, чтобы она, сохраняя экономическую эффективность, оказывала минимальное воздействие на биосферу. Физически это может реализоваться, например, за счет того, что отходы одной технической системы могут служить сырьем для другой.

Такая постановка задачи управления сложной системой, каковой становится совокупность природопреобразующих технических систем при необходимости учета экономических, социальных, биосферных критериев, требует применения новых математических методов моделирования. В подобных случаях применение классических методов математики встречает значительные трудности, связанные с необходимостью использования при количественном анализе моделей чрезвычайно большой памяти вычислительных машин. Здесь требуется математический аппарат, обеспечивающий как бы описание пространственно-многомерных объектов. Математика уже теперь из своего арсенала может выдвинуть ряд структур, способных в принципе охватить подобные многопараметрические процессы.

Реализация комплексных моделей взаимодействия технической системы с биосферой, как следует из изложенного, возможна лишь на основе синтеза знаний из области различных дисциплин. Требуются усилия разных наук: от физики и исследования операций до экологии и экономики, — чтобы более или менее адекватно отобразить в моделях вещественно-энергетический и информационный обмен, происходящий между биосферой и техническими системами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системно-синтетический подход к различным явлениям природы превратился в научный стиль мышления XX века. И это не случайно. В условиях научно-технической революции синтез знаний становится не только существенной предпосылкой интенсивного роста научных исследований, но и является важнейшим условием оптимального, дальновидного практического освоения действительности.

В решении данной проблемы ведущую роль все больше играют философские исследования объективных оснований формирования новых общенаучных проблем,, методов, понятий. Результаты этих исследований показывают, что теоретико-методологические положения диалектического материализма выступают важнейшей основой анализа интегративных процессов в современной науке.

В реализации синтеза современного научного знания важное место занимают общенаучные методы познания и особенно моделирование. Метод моделирования, пронизывая практически все сферы человеческой деятельности, стал важнейшим средством интеграции идей и понятий различных наук. Моделирование способствует созданию теорий, унификации понятий, выработке единых методических процедур познания. При рассмотрении интегративной функции моделирования рельефно проявляется истинная причина тенденции к синтезу знаний—единство материального мира, выражающееся в единстве определенных законов, структурных отношений и других свойств материи на различных уровнях ее организации.

Раскрытие интегративной функции того или иного общенаучного метода предполагает его единство, целостность. Внутреннее единство различных видов метода моделирования исходит из общности их онтологических, гносеологических и логических аспектов. Как было показано, именно целостность логико-гносеологического, понятийного аппарата многообразных видов моделирования и определенное единство внутренних механизмов объективных процессов обусловливают глубокую связь этого метода с синтезом знаний. Всестороннее осмысление статута метода моделирования в современном

научном познании показывает, что моделирование выполняет важную функцию в теоретическом синтезе знаний, в установлении содержательной связи между отдельными областями науки и в выработке средств общего формального описания качественно различных явлений.

Выяснение философских оснований интегративной функции метода моделирования в научном познании тесно связано с определением эвристической роли синтеза знаний при моделировании сложных систем. В этом мы убедились при рассмотрении проблем моделирования такой сложной системы, как «техника—биосфера». Создание комплексных моделей для оптимизации взаимодействия технических систем и биосферы требует консолидации усилий самых различных наук. Решение методологических проблем комплексного моделирования взаимодействия технических систем и биосферы возможно лишь на базе ведущего диалектно-материалистического принципа—принципа монизма.

В целом можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование в современном научном познании выступает в качестве общенаучного метода исследования и выполняет существенную интегративную роль во взаимодействии различных научных дисциплин.

2. Общность онтологических, гносеологических и логических черт многообразных видов моделирования позволяет говорить о единстве этого метода и возможности создания общей теории моделирования.

3. Вопреки субъективистским трактовкам модельного знания в современной буржуазной философии диалектико-материалистический анализ показывает, что модель, выполняя роль связующего звена между эмпирией и теорией, является важнейшим этапом в формировании теоретических воззрений.

4. Метод моделирования, давая относительно точную количественную характеристику объектов современного научного познания, выступает в качестве основного инструмента оптимизации сложных систем.

5. При моделировании такой сложной системы, как «техника—биосфера», определяющее значение имеет синтез общественных, естественных и технических наук. Единство социальных и природных явлений требует комплексной оценки технических систем, включающей технико-экономические, биосферные и социальные критерии.

ЛИТЕРАТУРА

А к ч у р и н И. А.. Единство естественнонаучного знания М., 1974

А с м у с В. Ф.. Иммануил Кант. М., 1973.

Абрамова Н. Т.. Целостность и управление. М., 1974.

Акчурин И. А., Веденов М. Ф., Сачков Ю- В.. Диалектическая противоречивость развития современного естествознания.//Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968

Асмус Ф. Маркс и проблема монизма естественных и социальных наук. Избр. философские труды, т. 2, 1971.

Ахундов М. Д., О р у д ж е в3. М.. Единство прерывности и непрерывности в процессе познания. «Анализ научного знания». М., 1970.

Б л а у б е р г И. В., Юдин Э. Г.. Философские проблемы исследования систем и структур. //Вопросы философии, 1970, № 1.

Баженов Л.Б.. Строение и функции естественнонаучной теории. //Синтез современного научного знания.М.1973.

Бирюков Б. В.. Кибернетика и методология науки. М. 1974, стр. 1221 М. Э. О м е л ь я н о в с к и й. Диалектика в современной физике, М.,1973.

Бирюков Б. В.. Синтез знания и формализация. //Синтез современного научного знания.М.1973.

Борн М.. Физика в жизни моего поколения. М., 1963.

В е р н а д с к и й В. И.. Очерки и речи, вып. II, Пг, 1922, стр. 14.

Василенко Л. И.. Проблематика «пределов роста» и современная наука.//Вопросы философии, 1974, №11.

Веников В. А.. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. М., 1966;

Взаимосвязь естественных и технических наук». М., 1976

Взаимосвязь наук при решения экологических проблем. М.—Обнинск, 1976.

Взаимосвязь технических и общественных наук». Л., 1972

Вигнер Е.. Непостижимая эффективность математики в естественных науках. «Успехи физических наук», 1968, т. 94, вып. 3

Винер Н.. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М., 1958.

Г о т т В. С., Урсул А. Д.. Определенность и неопределенность как категории научного познания. М., 1971.
Ге й з ен б е р В. , Шредингер Э., Дирак АСовременная квантовая механика. Л.—М., 1934.
Гегель. Соч., т. 1. М.—Л., 1929.
Гейзенберг В.. Физика и Философия. М.,. 1963
Гносеологические проблемы формализации. Минск, 1969
Горский Д. П.. Вопросы абстракции и образование понятий. М., 1961.
Гот В. С., Урсул А. Д.. Общенаучные понятия и их роль в познании. М., 1975
Диксон Дж.. Проектирование системы: изобретательство, анализ и принятие решений. М., 1969
Ермольева М., Марьянович Т. П.. Оптимизация и моделирование. //Проблемы кибернетики», вып. 27, М.,1973.
Жозуэ де Кастро. Загрязнение окружающей среды к экономическая отсталость. «Мир науки», т. XVIII, 1973, № 2.
И в а н е н к о Д. Д.. Развитие физики элементарных частиц. «Вопросы философии», 1958, № 5, стр. 75.
История философии, т. 1. М., 1940.
Кедров Б. М. Диалектический путь теоретического синтеза современного естественнонаучного знания. «Синтез современного научного знания», стр. II.
Кедров Б. М.. Единство диалектики, логики и теории познания. М, 1963
Кедров Б. М.. Научная концепция детерминизма. //Современный детерминизм. Законы природы. М., 1973.
Кессиди Ф. X.. От мифа к логосу. М., 1972
Кузнецов И. В.. Избранные труды по методологии физики. М., 1975
Л е н и н В. И.. Поли. собр. соч., т. 29
Л е н и н В. И.. Полн. собр. соч., т. 42.
Ленин В. И.. Полн. собр. соч., т. 18
Летов А. М.. Теория оптимального управления. //Оптимальные системы. Статистические методы. М., 1965, стр. 12.
Ляпунов А. А., Б а г р и н о в с к а я Г. П.. О методологических вопросах

математической биологии. «Математическое моделирование в биологии». М., 1975.
М е с а р о в и ч М., М а к о Д., Т а к а х а р а И.. Теория иерархических многоуровневых систем. М., 1973.
Мамедов Н. М., Новик И. Б.. Кибернетическое моделирование и проблемы оптимизации.//Кибернетика и современное научное познание.М.1976.
Мамедов Н. М.. Биосферные критерии оптимизации и синтез знаний. //Методологические аспекты исследования биосферы. М , 1975.
Мамедов Н. М.. Об оптимизации взаимодействия технических систем и биосферы. //Філософська думка», 1976, № 3.
Маркс К. и Энгельс Ф.. Сочинения, т. 20.
Мелентьев Л. А., Веников В. А.. Введение к книге «Кибернетика и моделирование в энергетике». М., 1972.
Мелюхин С. Т., Материя в ее единстве, бесконечности в развитии. М., 1966.
Методологические проблемы моделирования глобального развития. «Вопросы философии», 1978, № 2.
Моделирование как метод научного исследования. М., 1965
Н о в и к И. Б.. Наглядность и модели в теории элементарных частиц. //Философские проблемы физики элементарных частиц. М., 1563.
Нови к. И. Б. Вопросы стиля мышления в естествознании. М,, 1975.
Новик И. Б.,Моделирование и интеграция знаний. Докл. Всесоюзн. объединенной межвузовской конференции по физическому моделированию(VI) и кибернетике энергетических систем (П). Баку, 1972;
Новик И. Б.. Кибернетика (философские и социологические проблемы). М., 1963
Новик И. Б.. О моделировании сложных систем. М., 1965
Новик И. Б.. Философские вопросы моделирования психики, М., 1969
О в ч и н н и к о в Н. Ф.. Особенности развития и тенденция к единству научного знания. «Проблемы истории и методологии научного познания». М., 1974.
Паули В.. Физические очерки. М., 1975, стр. 43.
Планк М.. Избранные труды. М., 1975, стр. 613.
Платон. Сочинения в трех томах, т. 2. М., 1970.

Пойя Д.. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957
Попович М. В., Садовский В. Н.. Теория. «Философская энциклопедия», т. 5, М., 1971
Пятницын Б. Н.. Философские проблемы вероятностных и статистических методов. М., 1976
С а м е д В у р г у н. Избранное. Баку, 1976.
С н о у Ч.. Две культуры. М., 1973.
Семеню Э. П. к. Общенаучные категории и подходы к познанию. Львов, 1978.
Серов Н. К.. Процессы и мера времени. Л., 1974
Синтез современного научного знания. М., 1973
Спиноза Б. Избр. произв., т. 1, М., 1957
Т ю х т и н В. С.. Отражение, системы, кибернетика. М., 1972, стр. 38
У е м о в А. И.. Вещи, свойства и отношения. М., 1963.
У е м о в А. И.. Метод моделирования и системный анализ. Доклады Всесоюзной объединенной межвузовской конференции по физическому моделированию (VI) и кибернетике энергетических систем (II), Баку, 1972
У р м а н ц е Ю. А. в. Симметрия природы и природа симметрии. М., 1974.
Уемов А. И. Логические основы метода моделирования, М., 1971
Узнадзе Д. Н.. Психологические исследования. М., 1966.
Урсул А. Д.. Интегративно-общенаучные тенденции познания и философия. //Вопросы философии, 1977,№ 1;
Урсул А. Д.. Отражение и информация. М., 1973.
Урсул А.Д.. Информация. Методологические аспекты. М., 1971
Ф а д д е е в Е. Т.. Научно-техническая революция и некоторые проблемы социальной экологии. //Социальные проблемы экологии и современность. М., 1978
Федоров Е. К -, Н о в и к И. Б.. Проблемы взаимодействия человека с природной средой. «Вопросы философии», 1972, № 12.
Федоров Е. К.. Общество и природа в эпоху НТР. «Взаимосвязь наук при решении экологических проблем», М., 1976.
Философия Канта и современность. М., 1974.

Философская энциклопедия. М., 1964, т. 3.
Форрестер Дж.. Динамика развития города. М., 1974.
Форрестер Дж.. Основы кибернетики предприятия. М., 1971.
Хорафас Д. Н. . Системы и моделирование. М., 1967.
Чепиков М. Г. Интеграция науки. М, 1975, стр. 38—69
Ш и р ш и н Г. А., Мурманцев Б. С.. Методологическая роль противоречия в проблеме оптимальности. //Вестник МГУ (философия). 1972, № 5..
Ш т о ф ф В. А.. Роль моделей в познании, Л., 1963.
Шилин К. И.. «Экологическая революция» в современной западной науке. //Вопросы философии, 1972, № 11.
Э ш б и У.. Введение в кибернетику. М., 1959
Эйлер Л.. Метод нахождения кривых линий, обладающих свойствами максимума, либо минимума, или решение изопериметрической задачи. М.—Л., 1934
Heisenberg W.. The Unified Field theory. „Science and synthesis", p. 17. Integrative principles of modern thought". N.Y., 1972
J a m a d a. K. Three paradoxes of science and technology. Japan Quarterly, 1972, vol. XIX, N 4.
Laszlo E. et. al. Goals for Mankiud. N. Y. 1977.
Meadow D. set. al. The Limits to Growth. N.Y.,1972.
Mesarovic M., P e s t e 1. E. Mankind at the turning point. The second report the Club of Rome. N. Y., 1974.
Schrodinger E.. Science and Humanism. Cambridge, 1952.
Science and Synthesis. N. Y., 1971
Weizsacker. G. F. Die Einheit der Natur. Munchen.1971.

СОДЕРЖАНИЕ.